DULATY
UNIVERSITY
Taraz | since 1958

№ 4
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

№ 4 (90)
Қазан-желтоқсан
2025 ж.

Бас редактор И.И. Бекбасаров

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

Корректор және компьютерлік беттеу Ж.К. Боркулакова

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

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

Басуға қол қойылған күн 31.12.2025. Форматы 70×180/16. Шартты баспа табағы 40,76. Тираж 300 дана. Тапсырыс 581.

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

© М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

НАО
«ТАРАЗСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.Х. ДУЛАТИ»

МЕХАНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал

Издается с января 1994 года

Выходит четыре раза в год

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

№ 4 (90)
Октябрь-декабрь
2025 г.

Главный редактор И.И. Бекбасаров

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

Корректор и компьютерная верстка Ж.К. Боркулакова

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

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

Подписано в печать 31.12.2025. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 40,76. Тираж 300 экз. Заявка 581.

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

© Таразский университет имени М.Х. Дулати, 2025

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGH EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

M.Kh. DULATY
TARAZ UNIVERSITY

MECHANICS & TECHNOLOGIES

Scientific Journal

Published since January 1994

Published four times a year

ISSN 2308-9865
e-ISSN 2959-7994

No. 4 (90)
October-December
2025

Editor in chief I.I. Bekbasarov

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

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

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

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

Signed in print 31.12.2025. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 40.76. Edition 300 copies. Application 581.

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

© M.Kh. Dulaty Taraz University, 2025

МАЗМҰНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

ТАМАҚ ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGIES

Мустафаева А.К., Калемшарив Б., Мурсалыкова М.Т., Карденов С.Э., Шарикбаева Г.Ж., Біржанова Ж.Б.
Жиде жемісімен байытылған сүтқышқылды өнім өндіру технологиясы 9

Сыздыкова Л.С.
Витаминделген жеміс-көкөніс шырындарының технологиясын жетілдіру 20

Бакберген М., Диханбаева Ф.Т., Жаксылыкова Г.Н., Базылханова Э.Ч., Жаксыбаева Э.Ж.
Маусымдық құрғақ саумалдан дайындалған қымыздың физикалық-химиялық көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау 30

Sobol I.V., Donchenko L.V., Krasnoselova E.A., Savchenko E.S.
New types of plant raw materials in the production of functional foods 38

Узаков Я.М., Қалдарбекова М.Ә-А., Тортай А.Н., Оңғарбек Д.Ә., Аитбаева А.М.
Төмен құнды субөнімдерді пайдалана отырып әзірленген шұжық өнімдерінің сапа көрсеткіштерін талдау 46

Нурсеитова З.Т., Джанмулдаева А.К., Нурынбетова Г.Ж., Мулдабекова Б.Ж., Шерова М.С., Якияева М.А.
Өсімдік қоспасы қосылған сиыр сүті мен соя сүті негізіндегі йогуртты жасау және зерттеу 58

Тултабаева Т.Ч., Жакупова Г.Н., Макангали Қ.Қ., Шоман А.Е., Мулдашева А.Х., Сағандық А.Т., Ахметжанова А.Т., Даирова Қ.Ш.
Ешкі сүтін сүтқышқылды өнімдерін өндірудің негізі ретінде қолдану 65

Айтбаева А.Ж., Касымова М.К., Кизатова М.Ж., Алибеков Р.С., Кенжеходжаев М.Д.
Жүгері жібегінің сығындысымен байытылған айранның май қышқылының құрамын зерттеу 77

Каимбаева Л.А., Исембердиева Н.Б.
Албырт тұқымдас балықтарға арналған жем құрамын қоректік құндылық стандарттарына сәйкес оңтайландыру 85

Абильмажинова Н.К., Таева А.М., Узаков Я.М., Джетписбаева Б.Ш., Ибраимова С.Е.
Табиғи антиоксиданттарды қолданып жартылай ет фабрикаттарының технологиясын жасау 96

Тлевлесова Д.А., Азимова С.Т., Кизатова М.Ж., Ахметова Н.К., Махмудов Ф.А.
Алма сығындысы негізіндегі детоксикациялық қасиетке ие ұнтағын жасау технологиясы 106

Кабулов Б.Б., Абдилова Г.Б., Бакиева А.Б., Джилкишева А.Г., Шенгельбаев Ә.С.
Шұжық тартылған етінің реологиялық механикалық моделі 113

Садибаев А.К., Боранкулова А.С., Умирбекова А.С., Солтыбаева Б.Е., Ержанова М.Е., Алашбаева Л.Ж.
Қауын ұнтағы қосылған нанның рецептурасын оңтайландыру 122

Жонысова М.У., Оңғарбаева Н., Құлжанова Б.О., Байғайыпқызы М.
Қазақстанда өсірілетін ноқат (Cicer arietinum L.) пен бұршақ (Pisum sativum L.) сұрыптарының физика-химиялық сипаттамасы 130

ҚҰРЫЛЫС ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

Мажитов Е.Б., Тулеугалиева Ж.С., Рыскалиев М.Ж., Жарылгапов С.М., Шингужиева А.Б., Талаптанов Е.Г.
Карбонатты толтырғыш негізіндегі суды аз тұтынатын цемент 138

Ton-That H.L.
Damage prediction of 2d/3d truss structures using the black widow optimization algorithm 151

Калиева Ж.Е., Орынбай Е.Р., Мәжит Д.Е., Қожас А.К., Ерланұлы Е.
Керамикалық кірпіш қасиеттерінің қалыптасуына алюминий қалдықтарының әсері 160

Үсенқұлов Ж.А., Артықбаев Д.Ж., Аубакирова Ф.Х., Будикова А.М., Курбанбаев А.Б.
Бетондық құрылымдардағы иілмелі деформацияларды есепке алу мәселесі туралы 171

Бекбасаров И.И., Атенов Е.И., Шаншабаев Н.А.
Ростверк астындағы траншеяларды штамптау кезінде қадалар арасындағы тығыздалған топырақ аймағының өлшемдерін анықтау әдістері 181

Артықбаев Д.Ж., Аубакирова Ф.Х., Нақбаев Н.С., Бердалиева Ж.Ж., Отарбаева Г.М.
Еңістердің сейсмикалық тұрақтылығына әсер ететін топырақтың геотехникалық сипаттамалары 195

Кожиков С.Н., Жания К.
Екібастұз МАЭС-ның гидроалдын алу әдісімен алынған күлдерін пайдалана отырып, композициялық байытқыштар мен бетон құрамдарын оңтайландыру 204

ЖЕҢІЛ ӨНЕРКӘСІП ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGIES

Жаппарова А.К., Байжанова С.Б., Кожабергенова К.Д., Жарқымбекқызы Г.
Мектеп формасына арналған материалдардың эргономикалық талаптарын есепке ала отырып, деформациялық қасиеттерін зерттеу 212

Mukhametshina E.T., Muradov R.M.
Analysis of research on improving the separator as a component of the cotton air-assisted transportation device 221

Байтуреев А.М., Ертаева Ж.А., Оңлабекова А.Т.
Мақта талшығын термиялық өңдеу үдерісін математикалық модельдеу 229

Азиз-Кариева Н.Н., Жилисбаева Р.О.
Азаматтық авиация ұшқыштарының формалық киіміне күн сәулесінен қорғайтын тоқыма материалдарын интеграциялау 240

Тулендиева Г.О., Шардарбек М.Ш., Гафуров Ж.К., Боркулакова Ж.К.
Игерілмеген жүнді беймата материалдарына өңдеудің заманауи технологияларына шолу 252

Калдыбаева Г.Ю., Набиева И.А., Калдыбаев Р.Т., Мельдебек А.
Әр түрлі селекциялық сұрыптағы мақта талшықтарының қасиетіне иірімжіптің сапалық көрсеткіштерінің тәуелділігі 260

Амангелдиева А.Ш., Тұрғынбекқызы Л.С.
Орта мектеп жасындағы қыздардың мектеп формасын таңдауына әсер ететін факторларды талдау 272

Манапбаева У.Е., Абзалбекұлы Б.А., Гафуров Ж.К.
Аяқ киімдік беймата материалдарының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу 283

Сабырханова С.Ш.
Қоршаған ортаға зиянсыз табиғи ресурстар арқылы былғарыны өңдеу әдістері 293

ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

CHEMICAL TECHNOLOGIES

Курманбаев Г.Б., Умбетова Ш.М., Умбетов У., Кулмурзаев Н.С., Асанова Ж.С.
Ақаба суларды озон және атмосфералық оттегі арқылы тазарту 303

Серикбаева А.М., Токтибаева К.Р., Абдулова Э.Н.
Түрлендірілген саздың көмегімен метилен көгін адсорбциялау және пероксидті каталитикалық толықтыру үрдісін зерттеу 311

Ауешов А.П., Ескибаева Ч.З., Диканбаева А.К., Ибраева А.М., Алжанов К.Б.
Өнеркәсіптік серпентинит қалдықтарынан магний нитраты мен сульфатын алу 319

Омаров Б.Т., Алтыбаев Ж.М., Ескермесова М.М., Умирзахова Н.Х., Сайымқұлова А.Б., Калымбетов Г.Е.
Түрлі органикалық қалдықтарды қайта өңдеу арқылы биогумус өндіру әдістеріне шолу 328

Умбетова Ш.М., Умбетов У., Курманбаев Г.Б., Баймаханова З.А., Асанова Ж.С.
Суды озондау кезіндегі броматтардың түзілуі және жасанды интеллект негізіндегі басқару 337

Алтыбаев Ж.М., Омаров Б.Т., Умирзахова Н.Х., Тәжбенова Б.Н., Ескермесова М.М., Калымбетов Г.Е.
Органикалық қалдықтарды қайта өңдеудің экологиялық қауіпсіз тәжірибелік технологиясы 344

Сулейменова Г.А., Усипбекова Е.Ж., Даулетбай А., Қонаров А.Т., Сейлханова Г.А.
Литий-ионды аккумуляторлар сепараторлары: ғылыми шолу және болашақ бағыттар 359

Gomes H.T.
Influence of organic reducing agents on the textural and catalytic properties of $LaCoO_3$ 381

МЕХАНИКА

MECHANICS

Жақаш Ә.Т., Салыбаев С.Д., Саткожаева Э.Б.
Физикалық маятниктердің қозғалысының математикалық моделі және оларды шешудің жолдары 386

Сағындықов Б.Ж., Таттибеков Қ.С., Бимұрат Ж.
Анизотропты және біртекті емес сырықтардың бұралуы 398

ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Кудрявцев С.С., Емелин П.В., Курбанов М.Т., Рахимберлина А.А.
Химиялық қауіпті объектінің жұмыс істеуімен байланысты экологиялық тәуекелді бағалауда қоршаған ортаның осалдық көрсеткішінің рөлі 407

Дүйсени Ж., Амангелді Ф., Өксікбай Н., Қауымбаев Р.
Жанармай сақтау резервуарларынан жанармайдың күнделікті ұшу шығынын есептеу және оның қоршаған ортаға тигізетін әсері 418

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

INFORMATION TECHNOLOGIES

Жунисов Н.М., Абен А.Б., Хиниязов М.
Нақты уақыттағы дауыстық көмекшілерге арналған төмен кідірісті ағындық трансформатор моделі 425

ҒТАМР 65.63.33

А.К. Мустафаева[1] – *негізгі автор*, ©
Б. Калемшарив[2], М.Т. Мурсалыкова[3],
С.Ә. Карденов[4], Г.Ж. Шарикбаева[5], Ж.Б. Біржанова[6]

[1]Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, [2,5]Аға оқытушы,
[3]PhD, аға оқытушы, [4]Техн. ғылым. канд., [6]Магистрант

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-9627-7543 [2]https://orcid.org/0000-0002-8036-9718*
[3]https://orcid.org/0000-0001-5904-9544 [4]https://orcid.org/0000-0001-6198-1189

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

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

https://doi.org/10.55956/GFMF6362

ЖИДЕ ЖЕМІСІМЕН БАЙЫТЫЛҒАН СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМ ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аңдатпа. Мақалада өсімдік тектес шикізатпен байытылған йогурттың органолептикалық, физика-химиялық көрсеткіштеріне талдау жүргізіліп, өнімнің құрамындағы дәрумендерді, тағамдық талшықтарды анықтау үшін жүргізілген зерттеулердің нәтижелері көрсетілген. Мақалада йогурттың қасиеті мен құрамы көрсетіліп, өсімдік тектес шикізатпен байытылған йогурттың рецептурасы жетілдіріліп, өнімнің ассортименті кеңейтілді. Өсімдік тектес шикізат ретінде жиде жемісі таңдап алынып, оның физика-химиялық құрамына, органолептикалық қасиеттеріне талдау жүргізілді. Өсімдік негізіндегі толықтырғыштарды енгізу өнімнің тағамдық құндылығын арттырудің бірден бір жолы болып табылады. Зертханалық жағдайда органолептикалық көрсеткіштері бойынша жиде жемісінің бірнеше түрлері: жиде қабығы, жиде жұмсағы, жиде қабығы мен жұмсағымен қатар қосылып зерттелді. Зерттеу нәтижесінде үлгілер зерттелді: бақылау үлгісі, 10%, 20% мөлшерде жиде жемісі қосылған йогурттың дәрумендік құрамы, йогурт құрамындағы тағамдық талшықтардың мөлшері анықталды, өнімінің физика-химиялық және органолептикалық қасиеттеріне талдау жүргізілді.

Тірек сөздер: йогурт, жиде, дәрумендер, тағамдық талшықтар, өсімдік тектес шикізат.

Мустафаева, А.К. Жиде жемісімен байытылған сүтқышқылды өнім өндіру технологиясы [Мәтін] / А.К. Мустафаева, Б. Калемшарив, М.Т. Мурсалыкова, С.Ә. Карденов, Г.Ж. Шарикбаева, Ж.Б. Біржанова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.9-19. https://doi.org/10.55956/GFMF6362

Кіріспе. Сүтқышқылды өнімдер – ағзаның қажетті қоректік заттарға күнделікті қажеттілігін қанағаттандыратын әмбебап өнім. Оның құрамында жақсы сіңетін және сүйек тініне пайдалы кальций және басқа да макро және микроэлементтер бар. Сондай-ақ амин қышқылдарының барлық жиынтығы бар, сонымен қатар ақуыздарға және көптеген маңызды дәрумендерге бай болып келеді. Сүтқышқылының әсерінен сүт казеиндері ұсақ үлпек түрінде ұйып, сүтқышқылды өнімдердің сіңімділігі артады, адам ағзасына бір сағатта 90%, ал сүт тек 32% ғана сіңеді [1].

Қазіргі таңда әрбір үшінші адам артық салмақтан зардап шегеді. Ол әсіресе зат алмасу функцияларының дұрыс жұмыс істеуін тоқтаудың негізгі себептерінің бірі болып табылады. Зерттеу барысында сүт және сүт өнімдерін тағамдық талшықтармен байытуға басты назар аударылды. Өйткені тағамдық талшықтар ішектің жұмысын жақсартады, ағзадағы токсиндердің шығуына ықпал етеді, артық хлестеринді жояды, өт секрециясын ынталандырады. Мамандар адамдарға күнделікті 25-40 г талшықты тұтыну керек екенін айтады. Күнделікті тұтыну мөлшері адамның жасына және оның денесінің жағдайына байланысты өзгереді. Әйелдерге ұсынылатын мөлшері тәулігіне 25 г, ерлер үшін – 40 г. Тағамдағы талшықтарды жеткілікті мөлшерде тұтыну ішек жұмысын жақсарту, семіздік, қант дабеті сияқты аурулармен күресу және алдын алу үшін маңызды. Осы мақсатта ағзаның қажеттілін қанағаттандыру үшін күнделікті рационға тағамдық талшықтарға бай, табиғи өсімдік тектес шикізаттарды тұтыну ұсынылады. Қышқыл сүт өнімдері зат алмасу процесін жақсартады, асқазан сөлін бөледі және тәбетті жақсартатын болғандықтан балалардың, қарт адамдардың тамақтануында өте маңызды орын алады [2,3].

Сүт қышқылды өнімдердің құрамында майда және суда еритін дәрумендер де кездеседі. А дәрумені – өсу, жұқпалы ауруларға ағзаның төтеп беру факторы және көздің жақсы көруін реттеп отырады. Ол оттегі жоқ жерге жақсы бейімделе алады және 100°С және одан да жоғары температурада бұзылмайды. B_1 дәрумені – тиамин. Ол жүйке жүйесінің қызметін, май және көмірсу алмасуын реттеуші және карбоксилаза ферментінің құрамдас бөлшегі болып табылады. Жылумен өңдеу кезінде B_1 дәруменінің мөлшері 10-35% азаяды. Бұл дәруменнің ағзаға қажет тәуліктік мөлшері 2 мг болып табылады. B_2 дәрумені – рибофлавин. Жүйке жүйесінің және терінің жағдайына дұрыс әсер етеді. Ол қышқылдың әсеріне төзімді келеді, бірақ сілті әсерінен бұзылады. Сонымен қатар, пастерлеу кезінде және жарық түсетін жерде сақтағанда айтарлықтай шығынға алып келеді [4].

Йогурт – жоғары сапалы сүт қышқылды өнім. Ол өте пайдалы, себебі оның құрамында басқа сүт қышқылды өнімдерге қарағанда ақуызы көп. Йогуртты жүйелі түрде қолдану ас қорыту жолын қалыпқа келтіруге, иммунитетті нығайтуға және жалпы әл-ауқатты жақсартуға көмектеседі. Ол өз кезегінде салмақ жоғалтуға ықпал етеді, ас қорытуды қалыпқа келтіреді және терінің күйін жақсартады.

Йогурт үшін шикізат ретінде табиғи сүт, құрғақ сүт және кілегей, тәттілендіргіш, хошиістендіргіштер, джем, тосап, жеміс-жидектік шәрбаттар, қант және жеміс кесектері, болгар таяқшасы және термофильді стрептококк ұйытқылары пайдаланылады. Йогурт өнімін тағамдық талшықтармен байыту мақсатында әдеби дереккөздерге талдау жүргізілді, ол зерттеу мақсаттары мен міндеттерін анықтауға мүмкіндік берді. Одан әрі сүт өнімдері нарығына талдау жүргізілді, әлемдік нарықта сүт өнімдерін тұтыну динамикасын бағалау, сүт өнімдерін тұтыну көлеміндегі аумақтық айырмашылықтарды саралау жүргізілді.

Йогурттарды тұтыну мәселелері бойынша тұрғындарға іріктеп сауалнамалар жүргізілді және йогурт нарығындағы ассортимент саясатына талдаулар жүргізілді. Өсімдік тектес шикізаттармен байытылған йогурттардың құрамы мен компоненттік шешімдер негізделді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмыстары С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық зерттеу университетінің «Сүт және сүт өнімдерін өңдеу» цехында жүргізілді.

Заманауи технологияларға қойылатын негізгі талаптардың бірі – тағам өнімдерінің ассортиментін өсімдік шикізаттары арқылы жетілдіру. Тағамдардағы дәрумендердің, макро- және микроэлементтердің тапшылығына, қолайсыз экологиялық жағдайға, асқазан-ішек ауруларының артуына байланысты тамақ өнімдерін өндіруде өсімдік шикізаты негізіндегі байытқыштарды қолдану қажеттілігі туындады. Йогуртты тағамдық талшықпен байытуды негізге ала отыра, құрамы талшықтарға бай 3 жеміс таңдап алынып, тағамдық құндылығы бойынша салыстырылып, зерттелді. Талшықтарға бай өнімдер ретінде інжір, зәйтүн және жиде жемістері алынды. Төмендегі 1-кестеде осы таңдап алынған жемістердің физика-химиялық көрсеткіштері көрсетілген.

Кесте 1

Тағамдық талшықтарға бай өнімдердің физика-химиялық көрсеткіштері

Өсімдік шикізаты	Калориясы, ккал	Ақуыз, г	Майлар, г	Көмірсу, г	Тағамдық талшық, г
Інжір	54-257	0,7-3,1	0,2-0,8	12-57,9	2,5-18,2
Жиде	34-105	0,2-1,6	0,1-0,3	7,9- 27,6	4-27,6
Зәйтүн	145-296	1,03-1,6	15,32-23,9	3,04-19	1,6-3,1

1-кестеден көріп отырғанымыздай жиденің құрамында тағамдық талшықтың ең көп мөлшері анықталды және бағасы, қолданылуы жағынан йогуртпен жақсы үйлеседі. Ал зәйтүннің майлылығы жоғары және йогуртпен дәмінің үйлесу ықтималдығы төмен болып шықты. Інжірдің құрамында талшықтар көп болғанымен өндіріс үшін бағасы тиімсіз болып келеді. Сондықтан, ең тиімді және Қазақстанның көптеген аймақтарында өсетін жеміс ретінде жидеге тоқталдық. «Жиде» жемісі сүйегінен тазартылып, қабығы мен еті ұнтақталған түрде қосылады және жоғары тағамдық құндылыққа ие. Жейде жемісінің жұмсақ етінде 40% көміртегі, 20% фруктоза бар. Жейденің дәрілік маңызы зор, ас қорыту органдарының жұмыстарын жақсарту үшін қолданылады.

Жиде – ортаңғы жолақта кең таралған өсімдік. Сорғыш көп гүлді немесе шие тәрізді сорғыш тұқымдасына жатады. Бұл биіктігі 1-1,5 м бұта, қарапайым, ұзын жапырақтары бар, жоғарғы жағында жұмсақ жабындымен түкті, сондықтан олар ашық сұр болады. Гүлдер сары, кішкентай, хош иісті, аязға төзімді. Гүлдену мамыр-маусым айларында байқалады. Көп гүлді сорғыш-керемет бал өсімдігі. Бір түрдің ішінде өсімдіктер тәжі мен жапырақтарының пішіні, бұтақтардың аяғы, пісетін уақыты, сондай-ақ жемістердің массасы мен дәмі бойынша өте алуан түрлі. Жемістер шілде-тамыз айларында екі апта ішінде піседі. Олар цилиндр тәрізді немесе сопақша пішінді, күміс нүктелері бар шие қызыл, шырынды, салмағы 1,5-2 г, сабағы ұзын (2,5-3 см). Жемістің ішінде ұзын пішінді сүйегі бар [5]. Жиде ағашының жемісін кейде Солтүстік құрма деп атайды, жиде ағашы мен жемісі төмендегі 1-суретте көрсетілген.

Жиде ағашы өте төзімді, шөл, құрғақшылық секілді көптеген шарттарда өсе алатын қасиетке ие. Осы ерекшелігімен әлемнің көп жерлерінде және еліміздің барлық өңірлерінде өседі. Жиде – бұл дәмді жидек қана емес, сонымен қатар көптеген пайдалы қасиеттері бар құнды өнім. Ол бактерияға қарсы, қабынуға қарсы және диуретикалық қасиеттерге ие, иммундық жүйені нығайтуға және денені тазартуға көмектеседі. Сонымен қатар тамақ дайындауда және оны дәмді тағамдар мен сусындар жасау үшін

қолдануға болады. Жиде жемістерінің қолдануға қарсы көрсетілімдер әлі күнге дейін анықталған жоқ. Олар асқазанның қышқылдығына да, қандағы қант деңгейіне де әсер етпейді. Жиденың жемістері гипотониялық адамдарға да зиян тигізбейді. Пайдалы қасиеттерінің арқасында жиде тағамның тағамдық құндылығын жақсартып, оны дәрумендер мен антиоксиданттармен байыта алады [6].



Сурет 1. Жиде жемісі

Жиде жемістері тұтқыр болып келеді және диареяға, суық тию, тамақ ауруын жеңілдету және тамақ ауруы кезінде бактериялармен күресу үшін қолданылады. Олар сондай-ақ қан қысымды қалыпқа келтіру және тамырларды нығайту үшін, жүрек ауруларының алдын алу үшін, ревматизм мен артриттің ауырсынуын жеңілдету үшін пайдаланылады. Жиде жидектерінің тағамдық құндылығы 2-кестеде көрсетілген

Кесте 2

Жиде ұнтағының химиялық құрамы

Қоректік заттар	100 г жемістегі мөлшері, мг/100г
С дәрумені	105±0,1
А дәрумені	5,0±0,1
Е дәрумені	6±0,1
В1 дәрумені	0,02±0,01
В2 дәрумені	0,04±0,01
В5 дәрумені	0,9±0,01
Белсенді бетакаротин	30±0,1
Темір	1,5±1
Калий	305±5
Кальций	55±1
Натрий	32±1
Магний	40±1

2-кестеден көріп отырғанымыздай жиденің минералдық құрамы бай, С, А, Е дәрумендері және K, Ca, Na, Mg жеткілікті мөлшерде кездеседі, сондықтан йогурт дайындауда дәрумендер мен тағамдық талшықтарған бай өнім алуға мүмкіндік береді деп тұжырымдауға болады. Жиде ағашының жидектерінің құрамында С дәрумені, глюкоза, фруктоза, кальций, тритерперн гликозидтері, РР витаминдері, тритерпендер, кемпфенол, жүйке жүйесін тыныштандыратын магний, стеролдар мен кумариндер бар.

Көктемде жиде ағашы кішкентай хош иісті сары гүлдермен жабылған күміс бұтаға ұқсайды. Гүлденуден кейін жида ағашы құрма тәрізді кішкентай жидектердің аналық бездерін шығарады. Бастапқыда олар тұтқыр және аздап

тарылтады, бірақ жаздың аяғында олар тәттілігін артып, өте дәмді болады. Оны косметологияда, диетологияда, ароматерапияда және басқа да медициналық салаларда қолданады [6].

Жиде жемістерін ежелден емдік мақсатта да қолданылған:

– Созылмалы жөтелді емдеуде, жидектердің таниндері мен алкалоидтары сұйылтады, содан кейін өкпеден қақырықты кетіруге көмектеседі және жоғарғы тыныс жолдарының инфекцияларын емдеуде қолданылады.

– Ісіну, жоғары қан қысымы кезінде пайдаланады. Жемістер айқын диуретикалық әсерге ие болғандықтан, олар денеден артық сұйықтықты кетіруге көмектеседі, бұл қан қысымының бірте-бірте төмендеуіне әкеледі;

– Жүйке жүйесі, депрессия, стресс, созылмалы шаршау. Жемістің құрамындағы магний жүйке жүйесін тыныштандырады, адам жақсы ұйықтайды, тезірек тынығады және күштің көтерілуін сезінеді;

– Ауырсынуды және қабынуды жеңілдету үшін пайдаланады;

– Қан тамырлары ауруларын емдейді. Жиде ағашының жидектері бір мезгілде С және Р дәрумендерін қамтитындықтан, жүрек-тамыр жүйесін нығайтады және адам өмірін ұзартады.

Құндылығы жағынан жиде ағашының қарапайым және көзге түспейтін жидектері адамның энергиясын қалпына келтіретін алтын тамырмен, женьшеньмен өсімдіктермен теңестіріледі. «Жиде» тағамдық байытқыштың химиялық құрамы көмірсулардан, соның ішінде диеталық талшықтардан тұрады, оның ішінде талшықтар, гемицеллюлоза және пектин заттары, йогурт ингредиенттерінің белгілі бір комбинациясы кезінде суды ұстай алады [7].

Йогурт өндірудің технологиялық кезеңдері 2-суретте көрсетілген. Суретке сәйкес жиде жемісі қосылған йогурт дайындаудың технологиялық кезеңдері келесідей болады:

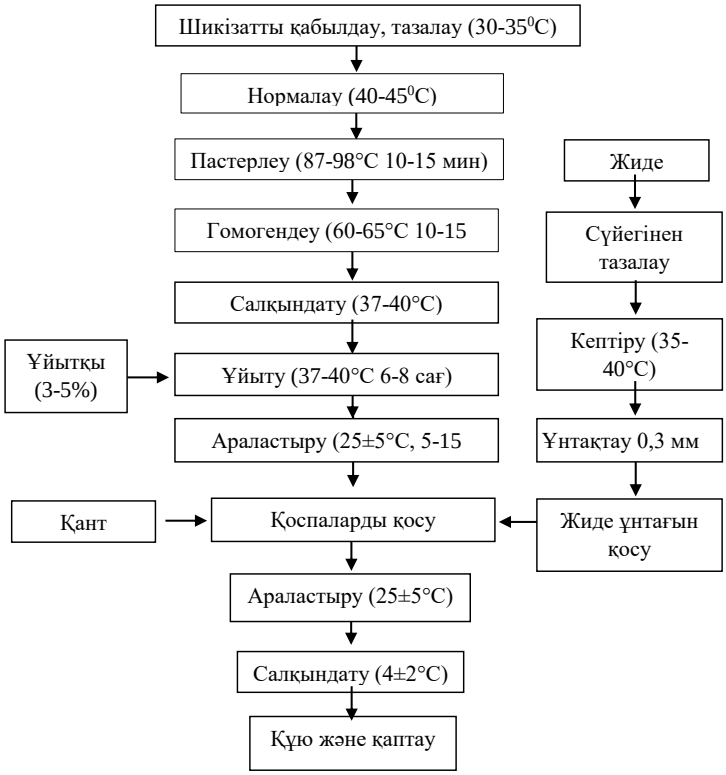
Сүт дайындау. МЕМСТ 31449 бойынша сүт қабылданады, майдың массалық үлесін, қышқылдығын, тазалығын анықтап, органолептикалық бағалау жүргізіледі. Сүтті сүзгіден немесе сепаратордан – сүт тазартқыштан өткізу арқылы шикізатты тазалайды. Сүтті майлылығы бойынша 2,5% майлылығына дейін сепаратор арқылы нормаланады. Қажетті компоненттерді қосқаннан кейін қоспаға біртекті құрылымды беру үшін гомогенизацияланады. Сүтті Т = 95-98ºС температурада 2-8 минут пастерленеді. Пастерленген қоспаны Т = 45ºС дейін суытылады [8].

Сүтті 45ºС температурада алдын ала қыздыру. Сүтті пастерлеу ванналарында қыздырады, олар жылыту немесе салқындату күртешелері бар резервуар болып табылады. Ваннаның ішінде қыздыру кезінде сүтті араластыруға арналған араластырғыш бар, ол сүттің біркелкі қызуын қамтамасыз етеді. Алдын ала қыздыру шамамен 45ºС температураға дейін жүзеге асырылады.

Сүтті гомогендеу. Қыздырылған сүт одан әрі өңдеу үшін гомогенизаторға жіберіледі. 50-70ºС температурада және 20-25 МПа қысымда өңдеу макромолекулалық және майлы сүт түйіршіктерін ұсақ бөлшектерге ыдыратады, бұл өндірілген йогурттың тамаша дәміне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Сүтті ұйыту. Температурасы 37-40ºС дейін салқындатылған пастерленген сүтке рецептке сәйкес ұйытқы қосылады. Рецепт бойынша тағамдық қоспалар мен жидені қосады. Ұйытқыны қосқаннан кейін, біркелкі тарату үшін қоспаны 10-15 минут араластырады және 6-8 сағат ұйытуға

жіберіледі. Пісудің аяқталуы жеткілікті ұйытқының пайда болуымен, сонымен қатар йогурт қышқылдығымен анықталады. Түрлі бактериялар мен хош иістендіргіштерді, байытқыштарды қосу. Сүтті тиісті температураға дейін салқындатқанда, кәсіпорында әзірленген рецептке сәйкес қоспаларды қосуға болады.



Сурет 2. Жидемен байытылған йогурттың технологиялық сұлбасы

Йогурт өндірудің барлық кезеңдерін аяқтағаннан кейін оны тиісті контейнерлерге салу керек. Осы мақсатта құю қондырғыларын (ішу йогурт өндірісінде) немесе пластикалық шыныаяқтарға орау үшін машиналарды пайдалануға болады. Қаптамадан кейін өнім сатуға дайын.

Ұсынылып отырған йогурт ішектің дұрыс жұмыс істеуі үшін қажетті диеталық талшықты қамтитын өнім. Ағзадағы тағамдық талшықтың жетіспеуі зат алмасу функциялардың дұрыс жұмыс істеуін тоқтатудың негізгі себептерінің бірі болып табылады. Бұл өнімді таза түрінде тұтынуға немесе диеталық мақсатта көп тағамдық талшықты қамтитын тағамдарды енгізуге болады. Денеде оның жетіспеушілігі асқазан-ішек жолдарының жұмысына ғана емес, иммундық жүйеге де теріс әсер етеді. Жиде жемісіне келетін болсақ ең бірінші сүйегінен тазартып, сыртқы қабығы мен еті ұнтақталып, кептірілді, содан кейін йогуртқа қосылды. Дәмі жағымды, түсі тартымды болып шықты. Өсімдік шикізаты ретінде жидені пайдалану сүт өнімдерінің ассортиментін ғана кеңейтіп қана қоймайды, сонымен қатар оларды күнделікті тұтынған кезде денсаулықты сақтауға және жақсартуға көмектесетін функционалды өнімге айналады. Өнім асқазан-ішек жолдарына оң әсер ету арқылы ағзаның жалпы жағдайын жақсартуға мүмкіндік береді және барлық жастағы адамдарға тұтынуға ұсынылады [9].

Йогурт МЕМСТ 31812013 «Йогурттар. Жалпы техникалық шарттар» бойынша резервуарлық әдіспен өндіріледі. Өсімдік тектес шикізатпен байытылған йогурттың сапа көрсеткіштерін зерттеу сүт өнімдерін қайта өңдеуге арналған тәжірибелік-өндірістік цехының зертханасында жүргізілді. МЕМСТ 25176 бойынша «Ақуыздың массалық мөлшерін анықтау», МЕМСТ 3628 бойынша «Көмірсудың массалық мөлшерін анықтау», МЕМСТ 3624-92 бойынша қышқылдықты анықтау «Сүт және сүт өнімдері. Қышқылдықты анықтаудың титриметриялық әдістері» арқылы анықталды [10,11].

Тәжірибелік йогурт үлгілерінің сапасын органолептикалық бағалау 5 балдық шкала бойынша жүргізілді. Йогурттарды органолептикалық бағалау шкаласын жасау кезінде байытылған, негізгі сапа көрсеткіштері дәм мен иіс (5 балл), сыртқы түрі мен консистенциясы (3 балл), түсі болды. Тәжірибелік үлгілерді органолептикалық бағалауды дегустациялау комиссиясы дегустация карталарын толтыру арқылы жүргізді. Алынған деректер олардың сенімділігін анықтау үшін статистикалық өңдеуден өтті.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Байытылған йогурттардың тәжірибелік үлгілерінің сапасын органолептикалық бағалау нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Йогурт сапасын органолептикалық бағалау нәтижелері

Көрсеткіштері	Сипаттама		
	Бақылау үлгісі	I үлгі	II үлгі
Сыртқы түрі және консистенциясы	Біртекті, орташа тұтқыр, нәзік	Біртекті, жиденің ұнтақтары біркелкі таралған, орташа тұтқыр	Жиденің ұнтақтары көбірек мөлшерде таралған, орташа тұтқыр
Дәмі мен иісі	Таза, сүтқышқылды, бөгде дәм мен иіссіз, орташа тәтті дәмі бар	Таза, жиденің дәмі орташа сезіледі, сүтқышқылды иісі бар	Таза, жиденің дәмі жақсы сезіледі, сүтқышқылды иісі бар
Түсі	Біртекті ақ	Енгізілген қоспаның түсімен, ақшыл	Енгізілген қоспаның түсімен, ақшыл

3-кестеден көріп отырғандай йогурт өнімдерінің органолептикалық көрсеткіштерін бағалау үшін бақылау үлгісі, 10% (I нұсқа), 20% (II нұсқа) мөлшерінде жиде қосылған үлгілер зерттелді. Органолептикалық бағалау кезінде сарапшылардың пікірі бойынша ең жоғарғы ұпайды II үлгі жинады және оңтайлы үлгі болып таңдалды.

Сонымен қатар жиде қосылған йогурттың сақтау мерзімін анықтауға арналған зерттеулер жүргізілді. Ол үшін сыйымдылығы 200 мл шыны банкаларға салынған жидемен байытылған йогурттың тәжірибелік үлгілері 4±2°С температурада сақталды. Үлгілердегі сапа көрсеткіштерін зерттеу күн сайын 10 күн бойы жүргізілді. Сақтау кезінде йогурт үлгілерін зерттеу нәтижелері 4-кестеде көрсетілген.

4-кестеде келтірілген мәліметтерді талдау нәтижелері сақтау мерзімі ішінде толтырғышы бар йогурттың сапа көрсеткіштерінде айтарлықтай айырмашылық болмағанын көрсетеді. 10 күн ішінде органолептикалық көрсеткіштердің нашарлауы байқалмады. Қышқылдық 97-ден 106±20Т дейін айтарлықтай өзгерген жоқ. Жиде қосылған йогурттың сақтау мерзімі сақтау мерзімін есептеу әдістемесін басшылыққа ала отырып, 7 күнге дейін белгіленген.

Кесте 4

Сақтау кезіндегі тәжірибелік үлгінің сапа көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Сақтау ұзақтығы, тәулігіне									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дәмі	Дәмі таза, сүтқышқылды, тәтті толтырғыштың дәмімен									
Иісі	Айқын сүтқышқылды, қосылған толтырғыш иісімен									
Түсі	Масса бойынша біркелкі таратылған жиде ұнтақтарымен									
Консистенциясы	Біркелкі, мөлшерімен тұтқыр									
Сыртқы түрі	Беті жылтыр, сарысуы бөлінбеген, масса бойынша біркелкі таралған									
Қышқылдығы,^{0}Т	97	98	99	100	102	104	104	105	106	106



Сурет 3. Йогурт үлгілері

Дайын өнімнің құндылығын анықтау үшін Алматы қаласындағы «Алматы технологиялық университеті» АҚ-ның аккредациядан өткен «Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін бағалау бойынша ғылыми-зерттеу зертханасында» йогурт үлгілері зерттелді, олардың құрамына мыналар кіреді:

№ 1 нұсқа – бақылау үлгісі;

№ 2 нұсқа – 10% жиде қосылған йогурт үлгісі.

№ 3 нұсқа – 20% жиде қосылған йогурт өнімі. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жоғары биологиялық және тағамдық құндылығы бар йогурт алу мүмкіндігі анықталды, нәтижелері 5-кестеде көрсетілген

Кесте 5

Жиде жемісімен байтылған йогурттың құрамы.

Көрсеткіштер атауы	1 нұсқа (бақылау үлгісі)	2 нұсқа (10% жиде қосылған йогурт)	3 нұсқа (20% жиде қосылған йогурт)	НҚ зерттеу әдістемесі
Тағамдық талшықтың массалық үлесі, %	жоқ	1,02 ± 0,02	1,78 ± 0,02	МЕМСТ 31675-2012
С дәрумені, мг/100 г	0,062 ± 0,011	0,83 ± 0,01	1,42 ± 0,02	МЕМСТ 306272-98

5-кестеде көрсетілген зерттеу нәтижелерінен өсімдік тектес қоспаның мөлшері 20% болған нұсқа жоғары нәтиже көрсеткендіктен, оңтайлы үлгі ретінде алынды. Соңғы кезеңде әзірленген өсімдік тектес шикізатпен байытылған йогурттың бәсекеге қабілеттілігі және экономикалық тиімділігі есептелді.

Жидемен байытылған 1 тонна йогурттың құны 441 770 теңгені құрады. Өндірістің рентабельділік деңгейі 30% болды. Йогурттың 1 қаптамасының бағасын таңдаған кезде, біз болашақ сатып алушылардың әлеуметтік

сауалнамасын да есепке алынды, бір қаптама йогурттың құны 442 теңгені құрады. Есептеулер нәтижесінде құрамында жиде бар йогурттың өндірісі Қазақстандық нарық үшін тиімді деген қорытынды жасауға болады.

Қорытынды. Теориялық және эксперименттік зерттеулерге сүйене отырып, жиде қосылған йогурттың құрамы мен технологиясы жетілдірілді. Жидемен байытылған йогурт сусындарының физика-химиялық қасиеттерін, атап айтқанда адам денсаулығына пайдалы әсерін, сондай-ақ жеке профилактикалық және сауықтыру қасиеттерін сақтай отырып, йогурт сусындарының жалпы дәмін, дәрумендік құрамын жақсартуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасалды: жиде қосылған йогурт өнімінің құрамында С дәруменінің мөлшерінің және тағамдық талшықтардың артқандығын көруге болады. Сонымен қатар органолептикалық бағалау нәтижелері бойынша да 20% жиде ұнтағы қосылған йогурттың көрсеткіштері жоғары нәтиже көрсетті. Жиде қосылған төмен калориялы сүтқышқылды сусындарын артықшылықтары:

1) өнімнің тағамдық құндылығы арттырылды;

2) йогурт өнімі тағамдық талшықтармен байтылды;

3) сусынның сауықтыру потенциалы арттырылды;

4) органолептикалық көрсеткіштері жақсарды және т.б.

Дәрумендердің, минералдардың және тағамдық талшықтардың жетіспеушілігін теңестіретін тағамдық байытқыштың артықшылығы оның қолжетімділігі және шикізатты жан-жақты өңдеуге байланысты құнының төмендігі болып табылады. Тұрақты сұранысқа ие йогурттарды алу популяциясы үшін жоғары тағамдық құндылығы ғана емес, сонымен қатар жоғары коммерциялық қасиеттері бар өнімді жасауға мүмкіндік беретін компоненттердің арақатынасын таңдау қажет болды.

Әдебиеттер тізімі

1. Мустафаева, А.К. Табиғи тәттілендіргіштері бар ешкі сүтінен дайындалған йогурттың рецептурасын жетілдіру [Мәтін] / А.К. Мустафаева, С. Әлтайұлы, Б. Калемшарив, Р. Салықова // Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. – 2024. – № 1. – Б. 124-132.
2. Pimentel T.C. et al. Chemical composition and sensory analysis of probiotic yogurts made with goat milk and soy milk added with Zizyphus jujuba fruit extract // Food research international. – 2012. – Vol. 48. – No. 1. – P. 559-564.
3. Даниярова, Г.М. Ешкі және сиыр сүтінен жасалған йогурттың органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштерін салыстырмалы бағалау [Мәтін] / Г.М. Даниярова [және т.б.] // Жас ғалым. – 2015. – № 6.3 (86.3). – Б. 29-33.
4. Нұржанова, А. Сүт және сүт өнімдерін өңдеу технологиясы [Мәтін]: оқу құралы / А. Нұржанова. – Астана: Фолиант, 2010. – 216 б.
5. Заикина, М.А. Технология йогурта на основе козьего молока, обогащенного смесью порошков аронии и боярышника [Текст] / М.А. Заикина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83, № 4. – С. 204-208.
6. Васильева, А.А. Использование растительных экстрактов для улучшения вкусоароматических свойств кефира [Текст] / А.А. Васильева, Е.Ю. Захарчук, Т.М. Панова // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. – 2019. – № 4. – С. 5-16.
7. Зайкина, М. А. Технология йогурта на основе козьего молока, обогащенного смесью порошков аронии и боярышника [Текст] / М. А. Зайкина // Вестник ВГУИТ. – 2019. – № 4. – С. 5-16.

8. Разработка продуктов питания с учетом современных требований [Текст] / Я.М. Ребезов [и др.]. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, 2017. – С. 156-158.
9. Соколова, Е.И. Көкөністер мен саңырауқұлақтардан тағамдар әзірлеу [Мәтін]: оқулық орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған / Е.И. Соколова. – М.: Академия, 2016. – 288 б.
10. ГОСТ 31981–2013. Йогурты. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 2014-05-01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
11. ГОСТ 3624–92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности [Текст]. – Введ. 01.01.1994. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 8 с.

Материал редакцияға 15.01.25 түсті, 15.09.25 қабылданды.

А.К. Мустафаева[1], Б. Калемшарив[1], М.Т. Мурсалыкова[1], С.Ә. Карденов[1], Г.Ж. Шарикбаева[1], Ж.Б. Биржанова[1]

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КИСЛОМОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ, ОБОГАЩЕННОЙ ПЛОДАМИ ДЖИДЫ

Аннотация. В статье проведен анализ органолептических, физико-химических показателей йогурта, обогащенного растительным сырьем, отражены результаты проведенных исследований по определению витаминов, пищевых волокон в составе продукта. В статье отражены свойства и состав йогурта, усовершенствована рецептура йогурта, обогащенного растительным сырьем, расширен ассортимент продукции. В качестве сырья растительного происхождения была выбрана джида, проведен анализ его физико-химического состава, органолептических свойств. Введение добавок на растительной основе – единственный способ повысить пищевую ценность продукта. В лабораторных условиях исследовано несколько видов плодов джиды по органолептическим показателям: кожура джиды, мягкость джиды, кожура и мягкость джиды. В результате исследования были изучены образцы: контрольная выборка, витаминный состав йогурта с добавлением плодов джиды в количестве 10%, 20%, содержание пищевых волокон в йогурте.

Ключевые слова: йогурт, джида, витамины, сырье растительного происхождения.

A.K. Mustafayeva[1], B. Kalemshariv[1], M.T. Mursalykova[1], S.A. Kardenov[1], G.J. Sharikbayeva[1], J.B. Birzhanova[1]

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

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY FOR PRODUCING FERMENTED MILK PRODUCTS ENRICHED WITH NATURAL OLEASTER FRUITS

Abstract. The article presents an analysis of the organoleptic and physicochemical properties of yogurt enriched with plant-based raw materials, as well as the results of studies on determining the vitamin content and dietary fiber in the product. The composition and properties of yogurt are described, and the formulation of yogurt enriched with plant-based ingredients has been improved, expanding the range of products. Oleaster fruits were selected as the plant-based raw material, and their physicochemical composition and organoleptic characteristics were analyzed. The introduction of plant-based additives is the only way to increase the nutritional value of the product. In laboratory conditions, several types of oleaster components were studied according to organoleptic indicators: oleaster peel, oleaster pulp, and a mixture of peel and pulp. As a result, the following samples were examined: control sample, vitamin

composition of yogurt with 10% and 20% oleaster fruit addition, and the dietary fiber content in yogurt.

Keywords: yogurt, oleaster, vitamins, plant-based raw materials.

References

1. Mustafaeva A.K., Altaiyuly S., Kalemshariv B., Salykova R. Tabighí táttílendírgíshtírí bar eşkí sútínen daĭyndalghan ĭoghúrttyng retsíptúrasýn zhetíldírú [Improving the formulation of yogurt prepared from goat's milk with natural sweeteners] // Almaty Technological University Bulletin. – 2024. – No. 1. – P. 124-132. [in Kazakh].
2. Pimentel, T.C. et al. Chemical composition and sensory analysis of probiotic yogurts made with goat milk and soy milk added with Ziziphus jujuba fruit extract // Food research international. – 2012. – Vol. 48. – No. 1. – P. 559-564.
3. Daniyarova, G.M. et al. Eshkí zháne síýr sútínen zhasalghan ĭoghúrttyng orghanóleptíkalýq zháne fízíka-khímíyalýq kórsetíshterín salýstýrmalý baghalaū [Comparative assessment of organoleptic and physico-chemical indicators of yogurt made from goat and cow milk] // Zhas Ghalym (Young Scientist). – 2015. – No. 6.3 (86.3). – P. 29-33. [in Kazakh].
4. Nurzhanova, A. Sút zháne sút ónímderín óngdeú tekhnologhíyasý [Technology of processing milk and dairy products]: Study guide. – Astana: Foliant, 2010. – 216 p. [in Kazakh].
5. Zaikina, M.A. Tekhnologiya ioghurta na osnove koz'ego moloka, obogashchennogo smes'yu poroshkov aronii i boyaryshnika [Technology of yogurt based on goat milk, enriched with a mixture of aronia and hawthorn powders] // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2021. – Vol. 83, No. 4. – P. 204-208. [in Russian].
6. Vasilieva A.A., Zakharchuk E.Y., Panova T.M. Ispol'zovanie rastitel'nykh èkstrakhtov dlya uluchsheniya vkusoaromaticheskikh svoĭstv kefíra [The use of plant extracts to improve the flavor and aroma properties of kefir] // Bulletin of PNIPU. Chemical Technology and Biotechnology. – 2019. – No. 4. – P. 5-16. [in Russian].
7. Zaikina, M.A. Tekhnologiya ioghurta na osnove koz'ego moloka, obogashchennogo smes'yu poroshkov aronii i boyaryshnika [Technology of yogurt based on goat milk, enriched with a mixture of aronia and hawthorn powders] // Bulletin of VSUIT. – 2019. – No. 4. – P. 5-16. [in Russian].
8. Rebezov, Ya.M. et al. Razrabotka produktov pitaniya s uchetom sovremennykh trebovaniĭ [Development of food products considering modern requirements]. – Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, 2017. – P. 156-158. [in Russian].
9. Sokolova, E.I. Kókóníster men sanghýraūqúlaqtardan taghamdar ázírleū [Preparation of dishes from vegetables and mushrooms]: Textbook for students of secondary vocational education institutions. – Moscow: Akademiya, 2016. – 288 p. [in Kazakh].
10. GOST 31981–2013. Ioghúrty. Obshchíe tekhnícheskíe uslovíya [Yogurts. General technical conditions]. – Introduced 2014-05-01. – Moscow: Standartinform, 2014. – 12 p. [in Russian].
11. GOST 3624–92. Moloko i molochnye produkty. Títrímetrícheskíe metody opredeleníya kíslotností [Milk and dairy products. Titrimetric methods for determination of acidity]. – Introduced 01.01.1994. – Moscow: Standartinform, 2009. – 8 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.53.39

Л.С. Сыздыкова ©

Техн. ғылым. канд., доцент
ORCID *https://orcid.org/0000-0002-8953-6332*
Алматы Технологиялық университеті,
Алматы, Қазақстан
laila.ss@mail.ru

https://doi.org/10.55956/EHKF2564

ВИТАМИНДЕЛГЕН ЖЕМІС-КӨКӨНІС ШЫРЫНДАРЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Аңдатпа. Қазақстанда табиғи шырын нарығы көбінесе импорттық өнімдерден тұрады, алайда отандық өндіріс қарқын алуда. Халықтың табиғи шырындарға деген сұранысы олардың экологиялық таза өнімдерге қызығушылықтарының артуына және денсаулыққа пайдалы қасиеттеріне көз жеткізе бастауына байланысты өсіп отыр. Зерттеу жұмысы асқабақ, ашытылған орамжапырақ және цитрус шырындары негізінде тағамдық құндылығы жоғары шырын технологиясын жетілдіруге бағытталған. Асқабақ пен оның шырынының құрамындағы каротин, витаминдер мен минералдар көз және жүрек ауруларының алдын алуға көмектеседі. Ашытылған орамжапырақ пен апельсин шырындары ас қорыту жүйесін жақсартып, ағзаны витаминдермен толықтырады. Ал қияр шырыны тағам өнімінің сіңуіне көмектесетін және асқорытуды жақсартып зат алмасуда маңызды рөл атқаратын органикалық заттарға бай. Мақалада шикізат ретінде көкөністер мен цитрус жемісінен алынған шырындардың биологиялық және органолептикалық көрсеткіштерін ескере отырып, олардан дайындалған жаңа «Шипа» шырынының рецептурасы мен технологиялық режимі құрастырылып, алынған шырындардың тағамдық және биологиялық құндылықтарын зерттеу нәтижесі көрсетілген.

Тірек сөздер: табиғи шырын, асқабақ шырыны, ашытылған орамжапырақ шырыны, апельсин шырыны, қияр шырыны, рецептура, технология, тағамдық құндылық, биологиялық құндылық.

Сыздыкова, Л.С. Витаминделген жеміс-көкөніс шырындарының технологиясын жетілдіру [Мәтін] / Л.С. Сыздыкова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.20-29. https://doi.org/10.55956/EHKF2564

Кіріспе. Қазақстанда сусындар спектрі өте кең және шырын нарығын тұтыну сұранысының өсуі халықтың оларды тұтыну қабілетінің жоғарлауына байланысты. Дүкендердің сөресінен шырын, нектарлар, морс, газдалмаған және газдалған су, квас, тониктер, тіпті салқындатылған шай түріндегі алкогольсіз сусындарды көруге болады. Дегенмен әртүрлі белгідегі шырындарды қарапайым тұтынушылардың таңдауы өте қиын: яғни, сусындарды таңдауда тұтынушы денсаулық үшін пайдалы және сапалы не сапасыздығына назар аударбай, керісінше сол өнімнің арзан не қымбаттығына көңіл аударады [1].

Алайда соңғы кезде тұтынушылардың экологиялық таза өнімге деген қызығушылығының және табиғи шырындарға деген сұранысының артуы ірі қалалардағы өмір сүруге зиянды факторлардың әсерін бейтараптандыру, сондай-ақ, ағзаға жетіспейтін витаминдерді толықтыру қажеттілігінен туындайды [2].

Шырындарды тұтынудың деңгейін салыстырсақ, Қазақстанда тұтынушылар әлі де болса Еуропаның солтүстік елдеріндегі шырынды тұтынудың орташа көрсеткіштерінен (халықтың жан басына шаққанда 24-28 л) артта қалып келеді. Германияда табиғи шырындарды тұтыну ерекше жоғары мәнге ие, онда халықтың жан басына шаққанда – 42-44 л, Ресейде бұл көрсеткіш – 10 л, ал Қазақстанда шырындарды тұтыну – 8 л деңгейіне жетіп отыр [3].

Қазіргі таңдағы өзекті мәселенің бірі – адамның денсаулығын жақсарту арқылы олардың өмір жасын ұзарту, осы мақсатта жүрек-қан тамырлары жүйесі, зат алмасу, иммунитетті нығайту секілді денсаулық көрсеткіштеріне оң әсер етіп, ағзаны қажетті витаминдер мен микроэлементтермен байытып, зиянды заттарды шығаруға көмектесетін көкөніс шырындары алынды [4,5]. Яғни адам ағзасына өте пайдалы асқабақ шырыны негізінде оған витаминге бай цитрус жемісі мен ашытылған орамжапырақ, қияр шырынын қосу арқылы органолептикалық көрсеткіштері мен биологиялық құндылығы жоғары шырын түрі ұсынылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмыстары Алматы Технологиялық университетінің тағам өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін зерттеу зертханасында жүргізілді. Негізгі зерттеу объектісі ретінде асқабақ, ашытылған орамжапырақ, қияр және апельсин шырындары пайдаланылды.

Барлық зерттеулер үш рет қайталанып, нәтижелердің орташа арифметикалық мәні мен стандарттық ауытқуы есептелді.

Дайын өнімдердің тағамдық құндылығы Кьелдаль, перманганатометриялық, экстракциялы әдістері арқылы, витаминдер мен минералды зат мөлшері келесі әдістерді қолдана отырып анықталды:

– МЕМСТ 24556-89 С витаминін анықтау әдісі;
– МЕМСТ Р 54635-2011 А витаминін анықтау әдісі;
– МЕМСТ 32343-2013 кальций, мыс, темір, магний, марганец, калий, натрий және мырыш құрамын анықтау әдісі.

Негізгі шикізат ретінде пайдаланылған асқабақ ең жақсы диеталық көкөніс болып табылады. Асқабақта қант, каротин, С, B_1, B_2, B_5, B_6, Е, РР витаминдері мол. Ал өте сирек кездесетін Т витамині ағзадағы зат алмасу процесін тездетіп, қанның қоюлануына және тромбоциттің қалыптасуына көмектеседі. Сонымен қатар, асқабақтың құрамында К витамині, май, ақуыз, көмірсу, целлюлоза, пектинді заттар, минералдардан калий, кальций, темір кездеседі [6]. Асқабақтағы каротин мөлшері сәбізбен салыстырғанда 5 есе көп, сол себептен офтальмологтар көз көруі нашарлаған адамдарға асқабақ шырыны мен асқабақты пайдалануды ұсынады [7].

Асқабақ жүрек тамыр жүйесі және қан қысымының артуы, сусамыр ауруымен ауыратын адамдарға пайдалы, ұйқы безі жасушасының қалпына келуіне көмектеседі. Асқабақтың жаңа сығылған шырынын созылмалы іш қату, зәр шығару жолының қабынуы, бүйректік жетіспеушілік, несеп айдағыш, геморрой, жүйке жүйесінің бұзылуы кезінде пайдаланған жақсы. Темір мөлшері бойынша асқабақ барлық көкөністерді басып озатындықтан, оны қаназдық ауруында пайдаланады. Асқабақтағы пектинді заттар ағзадан холестерин мен уландырғыш заттарды шығаруға көмектеседі [8].

Апельсин – пайдалы цитрус жемістерінің бірі болып табылады. Орташа көлемдегі апельсин ересек адамның бір күндік С витаминіне деген қажеттілігін қанағаттандырады. Апельсин калий, магний және темірге бай, олар майдың алмасуын, атеросклероздың дамуын тежейді. Апельсиннің құрамында көмірсулар, лимон және аскорбин қышқылдары, С, B_1, B_2, B_6, Р, А витаминдері, пектинді, азотты және минералды заттар бар. Апельсин шырынындағы С және В витаминдерінің жақсы қатынасы қатерлі ісік аруруына қарсы тұра алатын және қан тамырлардың қабырғасын күшейте алатын қасиетке ие [9-11].

Қияр құрамында 95-96% су, 4-5% құрғақ зат, құрғақ зат құрамында 2-25% қант, 1% ақуыз, 0,1% май, 0,7% клетчатка, С, В тобындағы витаминдер, каротин, органикалық қышқылдар, эфир майы бар [12].

Қияр органикалық заттарға бай және олар зат алмасуда маңызды рөл атқарады. Бұл заттар басқа тағам өнімінің сіңуіне көмектеседі және асқорытуды жақсартады. Қияр – йодты байланыстардың көзі, олар ағзаға жеңіл және тез сіңеді, құрамындағы калий жүрек пен бүйрек жұмысын жақсартады. Оның құрамындағы натрий мен калий мөлшерінің қатынасы ағзаны улы заттардан тазартқыш қасиетін арттырады және несеп айдағыш дәрі ретінде әсер етеді [13]. Зерттеулер нәтижесі бойынша қиярды пайдаланатын адамдарда қалқанша без бен тамыр жүйесі ауруының қаупі төмен болады.

Шикізаттардың химиялық құрамы 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Шикізаттардың химиялық құрамы, г/100 г

Шикізаттар	Су, %	Май, %	Ақуыз, %	Көмірсулар, г/100г			
				моносахаридтер		дисахаридтер	полисахаридтер
				глюкоза	фруктоза	сахароза	крахмал
Асқабақ	91,6	0,9	1	2,6	2,9	0,5	-
Қияр	95,23	0,11	0,65	0,76	0,87	0,03	0,83

Жемістер мен көкөністер адам организмінде оңай сіңірілетін, моно- және дисахаридтерге бай. Мұны бірқатар ғалымдар өз еңбектерінде растайды яғни, олардың ойынша, глюкоза мен фруктоза жүрек, ми және орталық жүйке жүйесінің қалыпты жұмыс істеуі үшін адамға өте қажет [14].

Витаминдер – ерекше органикалық заттар, олардың өте аз мөлшерінің өзі біздің ағза мүшелерінің қалыпты жұмыс істеуіне үлкен ықпал етеді. Витаминдер адамның дене және ой еңбегін арттырады, оның өсуі мен дамуын, ауруға қарсы тұруын қамтамасыз етеді. Тағам құрамында витаминдер жеткіліксіз болса, ағзаның жұмысы нашарлап, қатты ауруға шалдықтырады [4].

Витаминдер биологиялық маңызға ие, яғни организмде жүретін барлық зат алмасу процесін реттеп, тағамның сіңуіне ықпал жасайды. Зат алмасуға қатыса отырып, олар жекелей өзгеріске ұшырайды, сондықтан олардың мөлшерін сырттан алып, үнемі толықтырып отыру қажет. 1988 жылы дәрігер Н.И. Лунин тағамда ақуыз, май, көмірсу және минералды заттардан басқа организмге өте қажетті заттар-витаминдер болуы керек екенін дәлелдеді (2-кесте).

Минералды заттар – адам ағзасына өте қажетті тағамдық заттар, олардың жеткіліксіздігі әртүрлі ауруларды туғызады (3-кесте). Натрий, калий, хлор тәрізді макроэлементтердің ең маңызды қызметтерінің бірі – олар

қандағы тұз құрамы мен осмостық қысымын тұрақты деңгейде қалыпты ұстап тұрады, ал қан мен талшықтарда сақталатын судың мөлшері осыған байланысты. Ағзада су алмасуы минералды тұздардың алмасуымен тығыз байланыста болады, ал ағзадағы су-тұз алмасу деңгейі жүйке және гормон жүйелері әсер етеді.

Кесте 2

Шикізаттардың витаминдік құрамы, г/100г

Шикізаттар	Витаминдер, 100 мг								
	β- каротин	Е, витамині	С, витамині	B_6витамині	Ниацин	Пантотен қышқылы	Рибофлавин	Тиамин	Фолацин
Асқабақ	1,5	0,4	8	0,1	0,7	0,4	0,06	0,05	14
Қияр	0,06	0,1	10	0,04	0,3	0,3	0,04	0,03	4
Апельсин	0,05	0,2	60	0,06	0,3	0,3	0,03	0,04	5

Ашытылған орамжапырақ балғын орамжапырақтан пайдалы болып келеді, себебі ол С және В тобының витаминдеріне (B_1, B_2, B_3, B_6, B_9) бай. Сонымен қатар ашытылған орамжапырақ қартаюмен күресетін B_{12} витаминіне бай жалғыз өсімдіктекті өнім болып табылады. Ал оның шырыны ас қорытуды жақсартады, ағзадан зиянды заттарды шығарады және ішектегі онкологиялық ауру тудыратын бактерияны жоятын ерекше зат-энземаны белсендендіреді. Сондай-ақ ашытылған орамжапырақ және оның тұздығы дисбактериозды болдырмайды, авитаминоз, әлсіздік, сусамыр ауруы және атеросклероз ауруымен күресуге көмектеседі, пародонтоз, іш қату, төмен қышқылдылықты асқазан ауруы кезінде пайдалы әсер ете отырып қышқылдық-сілтілік балансты реттейді, қант пен холестерин мөлшерін тұрақтандырады.

Кесте 3

Шикізат құрамындағы минералды заттар, 100 г өнімде

Шикізат	күлділігі	Макроэлементтер, мг/100г						Микроэлементтер, мкг/100г					
		K	Ca	Mg	Na	P	Fe	I	Co	Mn	Cu	F	Zn
Асқабақ	0,6	204	25	14	4	25	0,4	1	1	0,04	180	86	0,24
Қияр	0,5	141	23	0,18	8	42	0,6	3	1	0,18	100	17	0,22
Апельсин	0,5	197	34	13	13	23	0,3	2	1	0,03	67	17	0,2

Жеміс-көкөністерден алынған шырындар мен шырындардың адам ағзасына тигізетін емдік, шипалық, профилактикалық қасиеттеріне үлкен көңіл бөлініп жүр. Барлық көкөніс шырындары төмен каллорияға ие және құрамы витаминдерге, минералды, пектин, бояғыш және хош иісті заттарға бай және тағамдық, физиологиялық құндылығы жоғары.

Көкөніс шырындарының тамақтану рационында, әсіресе, сүт қышқылды ашыту әдісі арқылы алынған шырындардың орны ерекше. Мысалы, олар жүрек ауруларын, қан айналымының бұзылуы, қант диабетіне, атеросклероз, инфарк және т.б. ауру түрлерінің алдын алу мақсатында жиі қолданылады. Сондықтан да жұмыста асқабақ, қияр, қызанақ көкөністерінің шырыны, ашытылған орамжапырақ шырыны және апельсин шырындарының

химиялық құрамы, тағамдық және биологиялық қасиеттері ескеріліп, адамның денсаулығын жақсарту арқылы олардың өмір жасын ұзартудағы пайдасы негізге алынып олардан алынған көкөніс шырынының («Шипа») рецептурасы – құрам бөліктерінің әртүрлі қатынасын және өндіру технологиясы ұсынылып отыр. 4-кестеде көкөніс шырынының рецептурасы келтірілген.

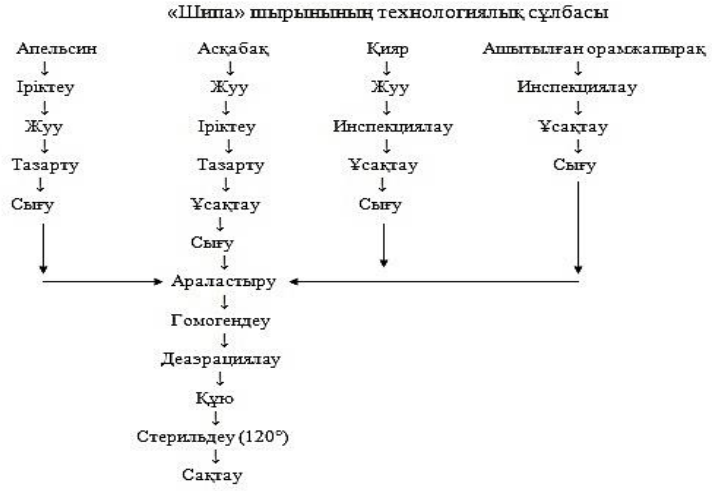
Кесте 4

Көкөніс шырынының рецептурасы

Өнімнің аталуы	Құрам бөліктері, шырындер	Рецептурасы, %			
		№1	№2	№3	№4
«Шипа» шырыны	Асқабақ	50	50	50	50
	Апельсин	20	15	10	5
	Ашытылған орамжапырақ	20	20	20	20
	Қияр	10	15	20	25

Әрбір рецептура нұсқасы бойынша (4 түрлі нұсқа) кемінде 3 үлгі дайындалды. Әр үлгі үш рет қайталанып, алынған нәтижелердің сенімділігі бағаланды.

Шырын алу технологиясы. «Шипа» шырынының технологиялық сұлбасы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. «Шипа» шырынының технологиялық сұлбасы

Шикізаттарға қойылатын талаптар. Шырын алуда қолданылатын жеміс-көкөністер механикалық жарақаттанбаған, жақсы пісіп-жетілген, бұзылмаған, балғын болуы керек.

Негізгі шикізатты дайындау. Жоғары сапалы шырын алу үшін балғын жеміс-көкөністер сорты, түсі, сапасы бойынша іріктеліп алынады, ал піспеген ауруға шалдыққан, көгере бастаған және бұзылған көкөністер инспекциялау кезінде алынып тасталынады.

Асқабақты қабылдап, жуады. Сапасы бойынша іріктеп, инспекциялайды. Қабығынын тазартады да, ұсақтауға жібереді. Ұсақталған асқабақты сығып, шырынын алады.

Қосымша шикізатты дайындау. Апельсинді жуады, сапасы бойынша іріктеп, инспекциялайды. Қабығынан тазалап, тазаланған өнімді ұсақтайды да

сығуға жібереді. Қиярды іріктеп, сапасы бойынша инспекциялайды. Оларды жуып, ұсақтап, сығу арқылы шырынын бөліп алады. Ашытылған орамжапырақты инспекциялайды, ұсақтайды. Ұсақталған өнімді сығып, шырынын бөліп алады.

Көкөніс шырындардың гомогендеу, деаэрациялау, стерильдеу және сақтау. Көкөніс және жеміс шырындардың қалыпты температурада, сәйкес қондырғыда араластырып, біртекті қабатталмайтын өнім алыну үшін гомогендейді. Содан соң ауасын шығару үшін 80°С температурада 2-3 мин қыздыру арқылы деаэрациялап, алдын-ала дайындалған ыдыстарға құяды. Аузын тұмшалап жауып стерильдеуге жібереді. Асқабақ негізінде дайындалған жаңа шырынды 105°С температурада 3-5 минут стерильдейді. Ары қарай 30-40°С-қа дейін салқындатып, сақтауға жібереді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зерттеу объектісі ретінде асқабақты көкөністер, цитрус жемісі (апельсин) мен ашытылған орамжапырақ шырындарынан алынған купаждалған шырын қолданылды, оған «Шипа» деген атау берілді. Жаңа шырын түрінің тағамдық және биологиялық құндылығын зерттеу нәтижесінде мынадай мәндер алынды (5-кесте).

Кесте 5

Жаңа шырынның химиялық құрамы (100 г өнімде)

Шырын атауы	Энергетикалық құндылығы (ккалл)	Ақуыздар, (г)	Көмірсулар, (г)	Майлар, (г)
Апельсин шырыны	54	0,7	12,8	-
Асқабақ шырыны	48	0,5	12,1	-
«Шипа» шырыны (асқабақ, апельсин, ашытылған орамжапырақ, қияр)	51	1,11	11,5	0,121

Жаңа шырын түрінің биологиялық құндылығын бағалауда, олардағы минералды заттар және витамин құрамы анықталды.

Кестеде көрсетілген мәндер бойынша зерттелген жаңа шырын түрлерінде А, С витаминдеріне бай екендігі көрінеді (6-кесте).

Кесте 6

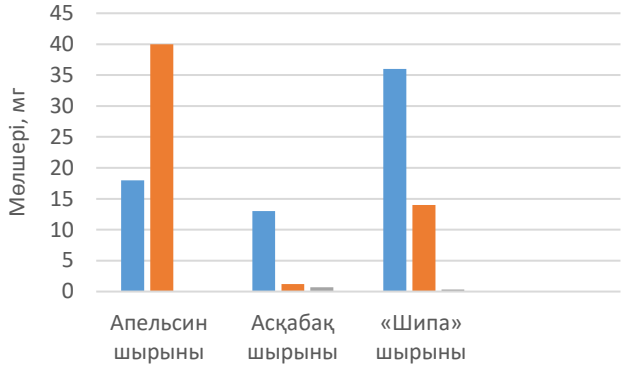
Шырынның құрамындағы минералды заттары және витаминдер, мг/100 г өнімде

Шырын атауы	Минералды заттар, мг	Витаминдер, мг/100г	
	Са	С	А
Апельсин шырыны	18	40	0,05
Асқабақ шырыны	13	1,2	0,7
«Шипа» шырыны (асқабақ, апельсин, ашытылған орамжапырақ, қияр)	36	10,5+-3,57	0,30+-0,01

Зерттелген жаңа өнім түрлерінің барлығында С витаминінің мөлшері «Шипа» шырынында 14,07 мг дейін, ол асқабақ шырынымен салыстырғанда әлдеқайда жоғары.

Минералды заттардын маңызды элемент Са мөлшері анықталды. Оның апельсин мен асқабақ шырынында 18 мг және 13 мг мөлшерде болса, «Шипа» шырынының құрамында 36 мг-ға дейін артқан (2-сурет).

Осылайша, алынған жаңа шырын түрлері маңызды мминералды зат пен витаминдердің сандық және сапалық құрамының бай болуымен ерекшеленеді.



Сурет 2. Шырындардың құрамындағы минералды зат (Са) және витаминдер (С және А) мөлшері

Жаңа шырын түрінің тағамдық және биологиялық құндылығын анықтаумен қатар олардың органолептикалық көрсеткіштері анықталды.

Органолептикалық көрсеткіштер (дәмі, иісі, түсі, консистенциясы және сыртқы түрі) 5 балдық шкала бойынша бағаланды, мұнда 1 балл – төмен, 5 балл – ең жоғары сапаны білдіреді. Бағалауға тағам өнімдерін талдау тәжірибесі бар 5 сарапшыдан құралған дегустациялық комиссия қатысты.

Органолептикалық бағалау нәтижесі 7-кестеде көрсетілген. Кестеде көрсетілген мәндерге байланысты №1 рецептурада көрсетілген жаңа шырын жоғары органолептикалық сипаттамасымен ерекшеленді.

Кесте 7

Шырынның органолептикалық бағалау нәтижесі, балл

Шырын түрлері	Дәмі	Түсі	Сыртқы түрі	Иісі	Жалпы бағалау
Шипа	5	5	5	5	20

«Шипа» шырынының құрамындағы негізгі шикізат асқабақ болғандықтан, шырынның түсі асқабақ түсіне сәйкес, дәмі ашытылған орамжапырақ шырынының құрамындағы сүт қышқылының әсерінен қышқылтым-тәтті, иісі жағымды, дегустациялық комиссияның бағалауы бойынша өте жақсы деп бағаланды.

Қорытынды. Ғылыми зерттеу асқабақ негізінде тағамдық құндылығы жоғары, биологиялық белсенді заттарға бай және денсаулыққа пайдалы жаңа көкөніс шырынын алу технологиясын жетілдіруге бағытталды.

Асқабақ, ашытылған орамжапырақ, цитрус жемісі мен қияр шырындарының құрамында витаминдер, минералды заттар, органикалық қышқыл мен пектин мөлшері жоғары болғандықтан олар шырын алуда негізгі шикізат ретінде алынды. Асқабақ шырыны негізінде алынған жаңа «Шипа» шырынының құрамына қияр, ашытылған орамжапырақ пен цитрус жемістерінің шырындары қосылады, олар шырынның биологиялық құндылығын арттырып, органолептикалық қасиеттерін және тағамдық құндылығын жақсартады.

Асқабақ негізіндегі көкөніс шырындарының рецептурасы мен технологиясын жетілдіру нәтижесінде табиғи, жоғары сапалы, экологиялық таза өнім әзірленді. Бұл өнім тек адамның тағам рационын байытып қана қоймай, сондай-ақ денсаулықты нығайтуға, өмір сүру сапасын арттыруға және ұзартуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Кедрова, М. Овощные соки. Лечение, очищение, омоложение [Текст] / М. Кедрова. – М., 2006. – 31 с.
2. Тимофеева, В.Н. Разработка рецептур соковой продукции из тыквы [Текст] / В.Н. Тимофеева, Ю.С. Григорьева, М.Г. Корпачева // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов XI Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: МГУП, 2017. – С. 34.
3. Фарзалиев, Э.Б. Разработка новых составов фруктовых коктейлей [Текст] / Э.Б. Фарзалиев, И.Ю. Давидович // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов XI Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: МГУП, 2017. – С. 35.
4. Магомедов, М.Г. Производство плодоовощных консервов и продуктов здорового питания [Текст]: учебник / М.Г. Магомедов. – СПб.: Лань, 2015. – 560 с.
5. Родионова, Л.Я. Технология безалкогольных напитков [Текст]: учеб. пособие / Л.Я. Родионова, Е.А. Ольховатов, А.В. Степовой. – СПб.: Лань, 2018. – 324 с.
6. Кожухова М.А. Глубокая переработка плодоовощного сырья с получением соков и функциональных ингредиентов [Текст] / М.А. Кожухова, Р.А. Дроздов, Л.А. Рыльская, Т.А. Дроздова // Наука и образование. – 2020. – Т. 3. – № 4. – С. 401.
7. Алексашина, С.А. Исследование химического состава и антиоксидантной активности моркови, свеклы и тыквы [Текст] / С.А. Алексашина, Н.В. Макарова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 6. – С. 29-32.
8. Завьялова, Т.И. Биологическая ценность тыквы и продуктов ее переработки [Текст] / Т.И. Завьялова, И.Г. Костко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 39. – С. 45-49.
9. Сыздыкова, Л.С. Қышқылданған асқабақты көкөніс шырындарының органолептикалық көрсеткіштерін бағалау [Мәтін] / Л.С. Сыздыкова, Р. Сәбит, Ж. Смағұл, Н.Е. Зарицкая // Наука. Образование. Молодежь: материалы респ. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Алматы, 2021. – Б. 119-120.
10. Сыздыкова, Л.С. Қышқылданған көкөніс шырындарының тағамдық және биологиялық құндылығын зерттеу [Мәтін] / Л.С. Сыздыкова, Н.Е. Зарицкая, Қ.М. Абдиева, М.О. Кожахиева // Вестник АТУ. – 2022. – № 2 (136). – С. 86-90.
11. Сыздыкова Л.С. Асқабақ негізінде жасалған жеміс-көкөніс сусынының минералды зат және витаминдік құрамын анықтау [Мәтін] / Л.С. Сыздыкова, Н. Жорабай, Қ.М. Абдиева // Ғылым. Білім. Жастар: респ. ғыл.-тәж. конф. материалдары. – Алматы, 2022. – Б. 38-39.
12. Перфилова, О.В. Технология переработки яблок на сок прямого отжима и пюре [Текст] / О.В. Перфилова, В.А. Бабушкин, Г.О. Магомедов, М.Г. Магомедов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3 (11). – С. 82-85.
13. Цыбикова, Г.Ц. Основы технологии производства продуктов питания из растительного сырья [Текст]: учеб. пособие / Г.Ц. Цыбикова. – СПб.: Лань, 2018. – 92 с.
14. Безшейко Д.В. Современные проблемы установления подлинности соковой продукции [Текст] / Д.В. Безшейко, Е.В. Седыченкова, И.А. Долматова // Юность и знания – гарантия успеха: сб. науч. тр. 5-й Междунар. молодежной науч. конф. – 2018. – Т. 2. – С. 59-62.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған BR24993031 «Табиғи антиоксиданттар мен

биологиялық белсенді заттармен байытылған күнделікті рационға арналған пайдалы тағам өнімдерін дайындау технологиясын әзірлеу» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 11.04.25 түсті, 15.12.25 қабылданды.

Л.С. Сыздыкова

Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИТАМИНИЗИРОВАННЫХ ФРУКТОВО-ОВОЩНЫХ СОКОВ

Аннотация. На рынке Казахстана натуральные соки в основном представлены импортной продукцией, однако отечественное производство набирает обороты. Спрос населения на натуральные соки растет в связи с их экологической чистотой и признанными полезными свойствами для здоровья. Данное исследование направлено на совершенствование технологии соков с высокой пищевой ценностью на основе тыквы, квашеной капусты и цитрусовых. Каротин, витамины и минералы в составе тыквы и ее сока способствуют профилактике заболеваний глаз и сердечно-сосудистой системы. Соки из квашеной капусты и апельсинов улучшают пищеварение и обогащают организм витаминами. Огуречный сок богат органическими веществами, которые помогают усвоению пищи, улучшают пищеварение и играют важную роль в обмене веществ. В представленной статье, с учетом биологических и органолептических характеристик соков, полученных из овощей и цитрусовых, разработана рецептура и технологический режим нового сока «Шипа». Также представлены результаты исследований пищевой и биологической ценности полученных соков.

Ключевые слова: натуральный сок, тыквенный сок, сок из квашеной капусты, апельсиновый сок, огуречный сок, рецептура, технология, пищевая ценность, биологическая ценность.

L.S. Syzdykova

Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF FORTIFIED FRUIT AND VEGETABLE JUICES

Abstract. The natural juice market in Kazakhstan is predominantly represented by imported products; however, domestic production is gaining momentum. The demand for natural juices among the population is growing due to their environmental friendliness and recognized health benefits. This study focuses on improving the technology of high-nutritional-value juices based on pumpkin, fermented cabbage, and citrus fruits. Carotene, vitamins, and minerals in pumpkin and its juice help prevent eye and cardiovascular diseases. Juices from fermented cabbage and oranges improve digestion and enrich the body with vitamins. Cucumber juice is rich in organic compounds that aid in food absorption, enhance digestion, and play a significant role in metabolism. This article, considering the biological and organoleptic characteristics of juices obtained from vegetables and citrus fruits, presents the formulation and technological process of the new juice “Shipa.” The results of studies on the nutritional and biological value of the obtained juices are also provided.

Keywords: natural juice, pumpkin juice, fermented cabbage juice, orange juice, cucumber juice, formulation, technology, nutritional value, biological value.

References

1. Kedrova, M. Ovoshchnye soki. Lechenie, ochishchenie, omolozhenie [Vegetable juices. Treatment, cleansing, rejuvenation]. – Moscow, 2006. – 31 p. [in Russian].
2. Timofeeva, V.N., Grigorieva, Yu.S., Korpacheva, M.G. Razrabotka retseptur sokovoy produktsii iz tykvy [Development of pumpkin juice formulations] // Techniques and Technology of Food Production: Proceedings of XI International Scientific-Technical Conference. – Mogilev: MGUP, 2017. – P. 34. [in Russian].
3. Farzaliev, E.B., Davidovich, I.Yu. Razrabotka novykh sostavov fruktovykh kokteyley [Development of new fruit cocktail formulations] // Techniques and Technology of Food Production: Proceedings of XI International Scientific-Technical Conference. – Mogilev: MGUP, 2017. – P. 35. [in Russian].
4. Magomedov, M.G. Proizvodstvo plodovo-ovoshchnykh konservov i produktov zdorovogo pitaniya [Production of fruit and vegetable preserves and healthy food products]: textbook. – Saint Petersburg: Lan', 2015. – 560 p. [in Russian].
5. Rodionova, L.Ya., Olkhovatov, E.A., Stepovoy, A.V. Tekhnologiya bezalkogol'nykh napitkov [Technology of non-alcoholic beverages]: textbook. – Saint Petersburg: Lan', 2018. – 324 p. [in Russian].
6. Kozhukhova, M.A., Drozdov, R.A., Ryl'skaya, L.A., Drozdova, T.A. Glubokaya pererabotka plodovo-ovoshchnogo syr'ya s polucheniem sokov i funktsional'nykh ingredientov [Deep processing of fruit and vegetable raw materials for obtaining juices and functional ingredients] // Science and Education. – 2020. – Vol. 3, No. 4. – P. 401. [in Russian].
7. Alexashina, S.A., Makarova, N.V. Issledovanie khimicheskogo sostava i antioksidantnoy aktivnosti morkovi, svekly i tykvy [Study of chemical composition and antioxidant activity of carrot, beetroot and pumpkin] // Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. – 2016. – No. 6. – P. 29-32. [in Russian].
8. Zavyalova, T.I., Kostko, I.G. Biologicheskaya tsennost' tykvy i produktov yeye pererabotki [Biological value of pumpkin and its processed products] // Bulletin of Saint Petersburg State Agrarian University. – 2015. – No. 39. – P. 45-49. [in Russian].
9. Syzdykova, L.S., Sabit, R., Smagul, Zh., Zaritskaya, N.E. Qyshqyldanǵan asqabaqty kókónis shyrýndarynyń organoleptikalyq kórsetkishterin bağalau [Evaluation of organoleptic indicators of fermented pumpkin vegetable juices] // Science. Education. Youth: materials of the Republican Scientific-Practical Conference of Young Scientists. – Almaty, 2021. – P. 119-120. [in Kazakh].
10. Syzdykova, L.S., Zaritskaya, N.E., Abdieva, K.M., Kozhakhieva, M.O. Qyshqyldanǵan kókónis shyrýndarynyń tagamdyq zhane biologiyalyq kúndylyǵyn zertteý [Study of nutritional and biological value of fermented vegetable juices] // Bulletin of ATU. – 2022. – No. 2 (136). – P. 86-90. [in Kazakh].
11. Syzdykova, L.S., Zhorabay, N., Abdieva, K.M. Asqabaq negizinde jasalǵan zhemis-kókónis susynynyń mineraldy zat zhane vitaminlik qúramyn anyqtaw [Determination of mineral and vitamin composition of fruit-vegetable drink based on pumpkin] // Science. Education. Youth: materials of Republican Scientific-Experimental Conference. – Almaty, 2022. – P. 38-39. [in Kazakh].
12. Perfilova, O.V., Babushkin, V.A., Magomedov, G.O., Magomedov, M.G. Tekhnologiya pererabotki yablok na sok pryamogo otzhima i pyure [Technology of processing apples into direct-pressed juice and puree] // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. – 2016. – No. 3 (11). – P. 82-85. [in Russian].
13. Tsybikova, G.Ts. Osnovy tekhnologii proizvodstva produktov pitaniya iz rastitel'nogo syr'ya [Fundamentals of technology for production of food products from plant raw materials]: textbook. – Saint Petersburg: Lan', 2018. – 92 p. [in Russian].
14. Bezsheyko, D.V., Sedychenkova, E.V., Dolmatova, I.A. Sovremennye problemy ustanovleniya podlinnosti sokovoy produktsii [Current issues in establishing authenticity of juice products] // Youth and Knowledge – Guarantee of Success: Proceedings of the 5th International Youth Scientific Conference. – 2018. – Vol. 2. – P. 59-62. [in Russian].

ҒТАМР 65.63.33

М. Бакберген[1] – *негізгі автор*,
Ф.Т. Диханбаева[2], Г.Н. Жаксылыкова[3], Э.Ч. Базылханова[4], Э.Ж. Жаксыбаева[5]

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

ORCİD [1]*https://orcid.org/0009-0004-8816-3759* [2]*https://orcid.org/0000-0003-4257-3774*
[3]*https://orcid.org/0000-0001-8960-6073* [4]*https://orcid.org/0000-0002-7854-1523*
[5]*https://orcid.org/0000-0002-0383-4946*

[1,2,3,4]*Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан*
[5]*Қорқыт-Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан*

@ [2]*Fatima6363@gmail.com*

©

https://doi.org/10.55956/NGHI2554

МАУСЫМДЫҚ ҚҰРҒАҚ САУМАЛДАН ДАЙЫНДАЛҒАН ҚЫМЫЗДЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада жылдың әр мезгілінде жиналған құрғақ саумалдан дайындалған қымыздың химиялық құрамы мен органолептикалық көрсеткіштерінің айырмашылығы қарастырылады. Жыл мезгіліне байланысты ақуыздың, майдың, көмірсудың, минералдардың құрамының өзгеруін анықтау үшін зерттеулер жүргізілді. Бие сүтінің құрамына әсер ететін факторлар, соның ішінде жануарлардың азықтандыру ерекшеліктері, климаттық жағдайлары және биологиялық өзгеру ырғақтары талданды. Маусымдық құрғақ саумалдан дайындалған қымыздың физика-химиялық және сенсорлық көрсеткіштерін салыстырмалы талдау нәтижелері берілген. Шикізаттың маусымдық өзгерістерін ескере отырып ашыту процестерін оңтайландыру бойынша ұсыныстар әзірленді.

Тірек сөздер: қымыз, құрғақ саумал, маусымдық өзгерістер, химиялық құрамы, органолептикалық көрсеткіштері, сүт өнімдері.

Бакберген, М. Маусымдық құрғақ саумалдан дайындалған қымыздың физикалық-химиялық көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау [Мәтін] / М. Бакберген, Ф.Т. Диханбаева, Г.Н. Жаксылыкова, Э.Ч. Базылханова, Э.Ж. Жаксыбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.30-37. https://doi.org/10.55956/NGHI2554

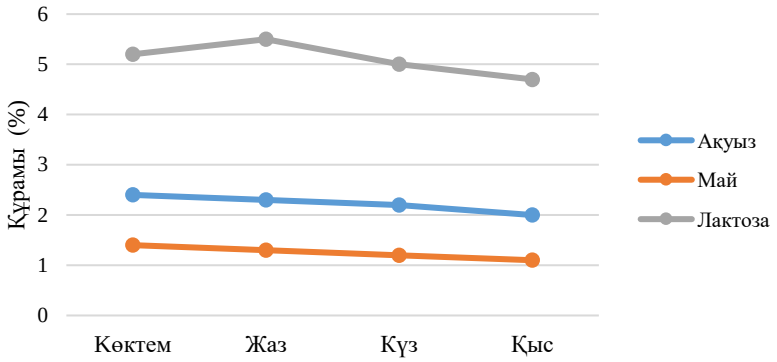
Кіріспе. Қымыз – бие сүтін сүт қышқылы бактериялары мен ашытқымен ашыту арқылы жасалған дәстүрлі ашытылған сусын. Ол иммундық жүйені нығайтуға және ас қорытуды жақсартуға көмектесетін биологиялық белсенді заттардың, аминқышқылдарының, дәрумендердің және пробиотиктердің көзі болып табылады. Дегенмен, бие сүтінің құрамы жыл мезгіліне байланысты өзгеріп отырады, бұл қымыздың сапасы мен тағамдық құндылығына әсер етеді. Бұл белгілі факт 1-кестеде көрсетілген.

1-суретте әдеби деректерге сүйене отырып, бие сүтіндегі ақуыздардың, майлардың және көмірсулардың әртүрлі маусымдардағы құрамының өзгеру динамикасы көрсетілген [1,2].

Кесте 1

Әр түрлі жыл мезгілдеріндегі бие сүтінің құрамы

Параметр	Көктем	Жаз	Күз	Қыс
Ақуыз (%)	2,5	2,3	2,2	2,0
Майлар (%)	1,5	1,4	1,3	1,2
Лактоза (%)	6,2	6,5	6,0	5,8
С дәрмені (мг/л)	20	18	15	12
Минералдар (мг/л)	150	140	135	130



Сурет 1. Бие сүтіндегі ақуыздың, майдың және лактозаның әртүрлі маусымдарда таралу диаграммасы

Өнеркәсіптік өндірісте және ұзақ мерзімді сақтау жағдайында құрғақ саумалды пайдалану өзекті шешім болып табылады. Дегенмен, жаңа бие сүтінің құрамындағы маусымдық өзгерістердің қалпына келтірілген ұнтақ шикізаттан дайындалған қымыздың сапасына әсері әлі де жеткілікті зерттелмеген [3].

Біз әр түрлі маусымдарда жиналған құрғақ саумалдан дайындалған қымыздың ақуыз, май және көмірсу мөлшері, сондай-ақ органолептикалық сипаттамалары бойынша әртүрлі болатынын болжаймыз [4].

Жоғарыда келтірілген деректерді ескере отырып, бұл зерттеу Алматы облысының аудандарында жылдың әр түрлі маусымдарында жиналған құрғақ саумалдыдан алынған қымыздың құрамы мен сипаттамаларындағы айырмашылықтарды анықтауға бағытталған. Осыған байланысты бірқатар міндеттер туындап отыр, оларды келесідей тұжырымдауға болады:

– жаңа бие сүтінің химиялық құрамындағы маусымдық өзгерістерді зерттеу;

– құрғақ саумалдыдағы ақуыздардың, майлардың, көмірсулардың және минералдардың құрамының маусымға байланысты айырмашылықтарын талдау;

– шикізаттың маусымдық өзгерістерінің қымыздың ашыту параметрлері мен микробиологиялық құрамына әсерін анықтау;

– әр түрлі маусымдардағы құрғақ саумалдан дайындалған қымыздың органолептикалық сипаттамаларын салыстыру;

– құрғақ саумалдан қымыз дайындаудың құрамы мен технологиясын стандарттау бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеуге Алматы облысының Қарасай ауданындағы жеткізушілерден көктемде, жазда, күзде және қыста

алынған кептірілген саумал үлгілері алынды. Қымыз үлгілерін дайындау үшін сүт қышқылы бактерияларын (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, Lactococcus lactis*) және ашытқыны (*Saccharomyces cerevisiae*) қоса алғанда, стандартты ашытқы дақылдары пайдаланылды.

Қолданылған зерттеу әдістері:

1. Үлгілердегі ақуыз мөлшерін (Кьельдал әдісі), майларды (Гербер әдісі), көмірсуларды (Лейн-Эйнон әдісі), дәрумендерді және минералдарды (спектрофотометриялық талдау) анықтау үшін физика-химиялық талдау жүргізілді [2,3].

2. Органолептикалық талдау – алынған үлгілердің дәмдік сипаттамаларын сипаттамалық әдісті қолдана отырып, дәм тату арқылы бағалау жүргізілді [4].

3. Ашыту параметрлерін оңтайландыру – қымыз үлгілерінің ашыту уақытын, қышқылдығын және құрылымын зерттеу [3,4].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. *Құрғақ саумал құрамындағы маусымдық өзгерістер.* Зерттеулер бие сүтінің құрамы жыл мезгіліне байланысты өзгеретінін көрсетті (2-кесте).

Кесте 2

Құрғақ саумалдан алынған қымыздың маусым бойынша құрамы

№	Үлгі	Маусым	Ақуыз, (%)	Май, (%)	Лактоза, (%)	Минералдар (мг/л)
1	Үлгі 1	Көктем	2,5	1,5	6,2	150
2	Үлгі 2	Көктем	2,6	1,6	6,1	152
3	Үлгі 3	Көктем	2,4	1,4	6,0	148
4	Үлгі 4	Жаз	2,3	1,4	6,5	140
5	Үлгі 5	Жаз	2,4	1,3	6,4	138
6	Үлгі 6	Жаз	2,2	1,2	6,3	135
7	Үлгі 7	Күз	2,2	1,3	6,0	135
8	Үлгі 8	Күз	2,1	1,2	5,9	132
9	Үлгі 9	Күз	2,0	1,1	5,7	130
10	Үлгі 10	Қыс	2,0	1,2	5,8	130
11	Үлгі 11	Қыс	1,9	1,0	5,6	128
12	Үлгі 12	Қыс	1,8	1,0	5,5	125

Көктемде ақуыздың (2,2-2,5%), майдың (1,3-1,5%) және С дәруменінің мөлшерінің артуы байқалды. Жазда көмірсулардың мөлшері ең жоғары болды (6,2-6,5%), сонымен қатар лактоза деңгейінің жоғарылауы байқалды. Күз айларында ақуыз бен майдың деңгейі орташа болды, бірақ көмірсулардың мөлшері төмендеді. Суық қыс мезгілінде ақуыз бен майдың мөлшері минималды болды, бұл тағамдық құндылығының төмендеуіне әкелді.

Құрғақ саумал қымыздың ашытудан кейінгі құрамдық өзгерістері. Барлық маусымдық үлгілер үшін оңтайлы ашыту уақыты 30-35°C температурада 12-16 сағат болды. Дегенмен, үлгілер жиналғаннан кейін қышқылдық пен құрылымдағы айырмашылықтар байқалды:

– көктемгі және жазғы саумалдан алынған қымыз ең айқын ашытылған сүт дәміне және аздап көбіктілікке ие болды;

– күзгі саумалдан алынған қымыздың дәмі теңдестірілген, бірақ көмірқышқылдануы аз болды;

– қысқы саумалдан алынған қымыздың дәмі онша қарқынды болмады және көбіктілігі әлсіз болды.

Жоғарыда аталған параметрлерден басқа, ашытудан кейінгі қымыз үлгілерінің химиялық құрамындағы өзгерістер, соның ішінде олардың белсенді қышқылдығы да анықталды (3-кесте).

Кесте 3

Ашытудан кейінгі қымыздың химиялық құрамы

№	Маусым	Ақуыз, (%)	Май, (%)	Лактоза, (%)	Минералдар (мг/л)	Ашытудан кейінгі pH
1	Көктем	2,5	1,5	6,1	150	4,5
2	Жаз	1,9	1,06	5,6	128	4,7
3	Күз	2,3	1,3	6,4	138	4,2
4	Қыс	2,1	1,2	5,9	132	4,5

Жоғарыда келтірілген деректерді келесідей түсіндіруге болады. Биелердің мол жаңа шөппен қоректенуі және осы маусымда сүттің көп бөлінуіне байланысты көктемде ақуыз мөлшері ең жоғары (2,5%). Май деңгейі де (1,5%) жоғары, бұл белсенді лактация және көктемгі өсімдіктердің қоректік заттарының әсерінен. Демек, белсенді метаболизм және сүт өндірісінің жоғары болуына байланысты лактоза деңгейі (6,1%) айтарлықтай жоғары. Сонымен қатар, байытылған шөппен қоректенудің арқасында минералды құрамы (150 мг/л) айтарлықтай жоғары, ал оңтайлы қышқылдық деңгейі (4,5) байқалды, бұл жұмсақ дәм мен теңгерімді ашытуды қамтамасыз етеді.

Жазда ақуыздың аздап төмендеуі (2,3%) байқалды, бұл шырынды жемдерге баса назар аударатын диетаның өзгеруіне байланысты. Майдың орташа төмендеуі (1,3%) суды тұтынудың артуымен және сүттегі май концентрациясының төмендеуімен байланысты. Дегенмен, лактоза деңгейі ең жоғары деңгейге жетеді (6,4%), бұл осы кезеңде тамақтанудың жақсаруына және сұйықтықты тұтынудың артуына байланысты. Дегенмен, минералды құрамының аздап төмендеуі (137,6 мг/л) байқалады, бұл тамақтанудың маусымдық өзгерістеріне байланысты. Бұл маусымда белсенді қышқылдық деңгейі ең төменгі деңгейде (4,2), бұл лактоза деңгейінің жоғарылауымен және сүт қышқылы бактерияларының жоғары белсенділігімен түсіндіріледі.

Күзден бастап ақуыз мөлшерінің біртіндеп төмендеуі (2,1%) байқалады, бұл жануарлардың дөрекі жемге көшуімен байланысты. Ұқсас үлгі май мөлшерімен (1,2%), ол тамақтанудың өзгеруіне және сүт өндірісінің төмендеуіне байланысты төмендей береді, сондай-ақ метаболикалық белсенділіктің төмендеуіне байланысты лактозамен (5,87%) байланысты. Өзгерістер минералды құрамға (132,3 мг/л) де әсер етті, ол жем түрлерінің азаюына байланысты айтарлықтай төмендеді. Дегенмен, pH (4,5) біртіндеп тұрақтанады, себебі сүт қышқылы бактериялары сүт құрамының өзгеруіне байланысты белсенділігі төмендейді.

Қысқы маусымда ақуыздың (1,9%), майдың (1,07%), лактозаның (5,63%) және минералдардың (127,7 мг/л) күрт төмендеуі байқалды, бұл суық мезгілде жемнің тағамдық құндылығының төмендеуімен, биелердің белсенділігінің төмендеуімен және лактация кезеңінің қысқаруымен де байланысты. Дегенмен, белсенді қышқылдық деңгейі, pH (4,7), ең жоғары болып саналады. Бұл қант мөлшерінің төмендігіне және ашыту белсенділігінің төмендеуіне байланысты.

Органолептикалық сипаттамалары. Органолептикалық зерттеулер көрсеткендей, қымыз жазғы және көктемгі саумал қолданған кезде ең жақсы

дәмге ие болады, ал қысқы түрі ашытқы дақылдарына қосымша түзетулер енгізуді қажет етеді. Әр түрлі маусымдардағы құрғақ саумалдан жасалған қымыздың органолептикалық сипаттамаларының салыстырмалы талдауы 4-кестеде көрсетілген. Келесі параметрлер бағаланды: сыртқы түрі, хош иісі, дәмі, құрылымы және дәмі.

Кесте 4

Құрғақ саумалдан алынған қымыздың жыл мезгіліне байланысты органолептикалық сипаттамалары

Көрсеткіш	Көктем	Жаз	Күз	Қыс
Сыртқы түрі	Жеңіл сүтті, аздап көбікті	Жеңіл кремді, орташа көбікті	Кремді сарғыш, аз көбікті	Ақ, көбіксіз
Хош иіс	Жаңа, сүтті-жемісті	Қарқынды, ашытқы ноталары бар сүт қышқылы	Орташа, аздап шөпті	Әлсіз, бейтарап
Дәмі	Нәзік, орташа қышқыл	Айқын қышқылды, сергітетін	Теңгерімді, жеңіл жаңғақ ноталары бар	Жұмсақ, аздап ашытылған сүт дәмі
Текстурасы	Жеңіл, аздап тұтқыр	Орташа дәмі бар, жақсы құрылымды	Тегіс, аздап сулы	Сұйық, тұнбасы бар
Дәмі	Жағымды, кремді	Ұзақ сақталатын, аздап ащы дәмі бар	Қысқа, нәзік	Іс жүзінде жоқ

Сыртқы түрі: Көктемгі және жазғы қымыз ең тартымды көрініске ие, дәстүрлі сусынға тән жеңіл көбікті. Күзгі қымыздың көбігі онша айқын емес, ал қысқы қымыздың көбігі іс жүзінде жоқ, бұл ақуыз бен май құрамының өзгеруіне байланысты.

Хош иісі: Көктемгі қымыздың ең жаңа хош иісі бар, айқын жемісті және сүтті ноталары бар. Жазғы қымыздың белсенді ашытуға байланысты қарқынды, ашытылған және ашытқы хош иісі бар. Күзгі қымыздың орташа, аздап шөпті хош иісі бар, ал қысқы қымыздың хош иісі іс жүзінде жоқ.

Дәмі: Жазғы қымыздың ең қарқынды дәмі бар - ол айқын қышқыл және сергітеді. Көктемгі қымыз жұмсақ және теңгерімді. Күзгі қымыздың сүт құрамының өзгеруіне байланысты жеңіл жаңғақ ноталары бар. Қысқы қымыз ең бейтарап, нәзік хош иісі бар.

Текстурасы: Көктемгі және жазғы қымыздың құрылымы жақсы – жеңіл және аздап тұтқыр. Күзгі қымыз аздап сулы, ал қысқы қымыз ақуыз мөлшерінің азаюына және ашыту процесіндегі өзгерістерге байланысты сұйық, кейде тұнбасы бар.

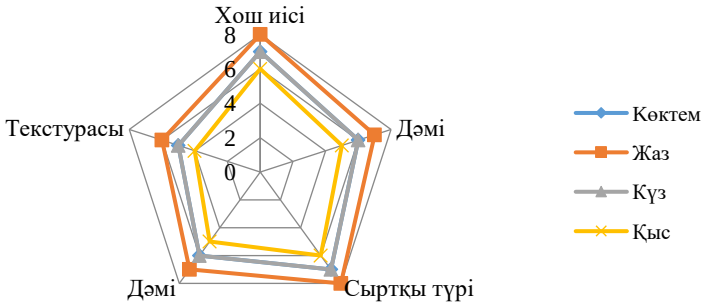
Дәмі: Жазғы қымыздың дәмі ең ұзақ, аздап тұтқыр. Көктемгі қымыздың дәмі жағымды кілегейлі. Күзгі қымыздың дәмі онша айқын емес, ал қысқы қымыздың дәмі іс жүзінде жоқ.

Жоғарыда келтірілген деректерден басқа, 20 еріктінің бағалауына негізделген 10 балдық шкала бойынша қымыздың органолептикалық сипаттамаларының профилограммасы да жасалды (2-сурет).

Бұл профилограмма сусынның құрамы мен сапасындағы маусымдық айырмашылықтарды растайды және оны келесідей түсіндіруге болады.

Сыртқы көрінісі жағынан жазғы қымыз (9,0 балл) қанық түсі мен тұрақты көбігінің арқасында ең жоғары балл алды. Көктемгі қымыз (8,5 балл) сонымен қатар ашық сүтті реңк пен ашық көбік үшін жоғары баға алды. Күзгі қымыз (7,5 балл) аз айқын көбікпен және сарғыш реңкпен сипатталады.

Қысқы қымыз (6,5 балл) көбіктің мүлдем болмауына және бозғылт түске байланысты ең төмен балл алды.



Сурет 2. Қымыздың органолептикалық сипаттамаларының профилограммасы

Хош иісі жағынан жазғы қымыз (9,2 балл) ашытқы ноталары бар ең қарқынды ашытылған сүт хош иісіне ие болды. Көктемгі қымыз (8,2 балл) сүтті-жемісті хош иіске ие. Күзгі қымыз (7,3 балл) орташа, аздап шөп хош иісіне ие болды. Қысқы қымыз (6,0 балл) ең жұмсақ хош иіске ие болды.

Жазғы қымыз (9,5 балл) айқын қышқылдығы мен сергітетін дәмі үшін ең жоғары дәмдік рейтингке ие болды. Көктемгі қымыз (7,9 балл) жұмсақтығымен және орташа қышқылдығымен сипатталды. Күзгі қымыздың (7,0 балл) дәмі теңдестірілген, бірақ онша қарқынды емес болды. Қысқы қымыз (5,8 балл) ең аз айқындалды, қышқылдығы төмен болды.

Жазғы қымыздың (9,0 балл) құрылымдық сипаттамалары ең тығыз және құрылымды деп белгіленді. Көктемгі қымыздың (7,8 балл) жеңіл, аздап тұтқыр консистенциясы болды. Күзгі қымыздың (6,8 балл) сулылығы жоғары болды. Қысқы қымыздың (5,5 балл) сұйық, кейде тұнбасы болды.

Жазғы қымыздың дәмі бойынша бағалар (8,7 балл) ұзақ және аздап ащы дәм берді. Көктемгі қымыздың (7,5 балл) жағымды, кілегейлі дәмі болды. Күзгі қымыздың (6,5 балл) дәмі қысқа, нәзік болды. Қысқы қымыздың (5,0 балл) дәмі іс жүзінде қалмады.

Жоғарыда келтірілген деректерге сүйене отырып, ең қоректік сүт, демек, ең жақсы құрамды қымыз көктемгі және жазғы маусымдардағы құрғақ саумалдан алынады деген қорытынды жасауға болады. Күзгі және қысқы қымыздың құрамы онша бай емес және ашыту мен ашыту процесіне қосымша түзетулер енгізуді қажет етеді. Жазғы қымыз айқын ашытумен сипатталады, бұл оны қышқыл және дәмі қанық етеді. Қысқы қымыздың дәмі жұмсақ, бірақ тұрақты сипаттамаларға қол жеткізу үшін ашытуды күшейтуді қажет етеді. Сонымен қатар, көктемгі және жазғы қымыздың жаңа дәмі, айқын хош иісі және қатты құрылымы арқасында жоғары органолептикалық сипаттамалары бар. Күзгі қымыздың сипаттамалары орташа, теңдестірілген дәмі бар, бірақ құрылымы мен хош иісі онша айқын емес. Қысқы қымыздың барлық жағынан сапасы төмен – оның хош иісі аз, сұйық құрылымы және жұмсақ дәмі бар. Қысқы қымыздың сапасын жақсарту үшін қосымша пробиотикалық дақылдары бар күшейтілген ашытуды пайдалану және ашыту жағдайларын реттеу ұсынылады.

Қорытынды. Бие сүтінің құрамындағы маусымдық өзгерістер қымыздың ашыту процесіне және тағамдық құндылығына айтарлықтай әсер етеді. Жазғы және көктемгі саумалдан жасалған қымыздың құрамында

көмірсулар мен ақуыз мөлшерінің көп болуына байланысты органолептикалық сипаттамалары жақсырақ, бұл сүт қышқылы бактериялары мен ашытқылардың белсенді дамуына ықпал етеді. Дегенмен, күзде және қыста өндірілген саумал қымыздың дәмі мен құрылымын жақсарту үшін ашытқы дақылына түзетулер енгізуді қажет етеді, себебі оның құрамындағы өзгерістер ашыту процесін баяулатып, соңғы сапаға әсер етуі мүмкін.

Қымыздың тұрақты сапасына қол жеткізу үшін ашыту процесін стандарттау бойынша ұсыныстар ұсынылады, соның ішінде шикізаттың құрамын маусымдық ауытқуларға негізделген түзету. Бұл дайын өнімнің органолептикалық және тағамдық сипаттамаларының қайталануын қамтамасыз етеді және оны өнеркәсіптік өндіру үшін оңтайлы жағдайлар жасайды. Бұл тұжырымдар әртүрлі климаттық жағдайларда құрғақ саумалдан қымыз өндіру технологиясын жетілдіруге бағытталған әрі қарайғы зерттеулер үшін негіз бола алады.

Әдебиеттер тізімі

1. Айтпаева, Ж.К. Влияние сезонных факторов на состав кобыльего молока [Текст] / Ж.К. Айтпаева, Г.Т. Жумагалиева // Вестник пищевой промышленности. – 2022. – № 3. – С. 67-75.
2. FAO. Dairy production and seasonal variations in milk composition. Rome: Food and Agriculture Organization, 2021 [Электронды ресурс] – Қолжетімділік режимі: http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/dairy/milk-and-milk-products/en.
3. Зиннатуллин, Р.Х. Способ производства кумыса [Текст] / Р.Х. Зиннатуллин [и др.] // Патент на изобретение Рос. Федерации № RU2355174C2, МПК A23C 9/13, A23C 9/127. 2009. Бюл. № 14.
4. Кенжегалиева, А.Н. Микробиологические процессы в ферментации кобыльего молока [Текст] / А.Н. Кенжегалиева, Л.М. Сагындыкова // Журнал молочной науки. – 2021. – № 4. – С. 56-63.

Материал редакцияға 10.02.25 түсті, 12.10.25 қабылданды.

М. Бакберген[1], Ф.Т. Диханбаева[1], Г.Н. Жаксылыкова[1], Э.Ч. Базылханова[1], Э.Ж. Жаксыбаева[2]

[1]Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан
[2]Кызылординский университет им. Коркыт-Ата, Кызылорда, Казахстан

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КУМЫСА, ПРИГОТОВЛЕННОГО ИЗ СЕЗОННОГО СУХОГО САУМАЛА

Аннотация. В данной статье рассмотрены различия в химическом составе и органолептических характеристиках кумыса, приготовленного из сухого саумала, собранного в разные сезоны года. Проведены исследования, направленные на выявление изменений в составе белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ в зависимости от времени года. Анализированы возможные факторы, влияющие на состав молока кобыл, включая особенности кормления, климатические условия и биологические ритмы животных. Представлены результаты сравнительного анализа физико-химических, сенсорных параметров кумыса, приготовленного из сезонного сухого саумала. Разработаны рекомендации по оптимизации процессов ферментации с учетом сезонных изменений сырья.

Ключевые слова: кумыс, сухой саумал, сезонные изменения, химический состав, органолептические характеристики, молочная продукция.

M. Bakbergen[1], F.T. Dikhanbayeva[1], G.N. Zhaxylykova[1], E.Sh. Bazylkhanova[1], E.Zh. Zhaxybayeva[2]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]Korkyt-Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF KOUMIS PRODUCED FROM SEASONAL DRIED SAUMAL

Abstract. This article examines the differences in the chemical composition and organoleptic characteristics of koumis produced from dried saumal collected in different seasons of the year. The study identifies seasonal variations in the content of proteins, fats, carbohydrates, vitamins, and minerals. Possible factors influencing the composition of mare's milk—such as feeding practices, climatic conditions, and the biological rhythms of the animals—are analyzed. The results of a comparative analysis of the physico-chemical and sensory parameters of koumis made from seasonal dried saumal are presented. Recommendations for optimizing fermentation processes considering seasonal changes in raw materials have been developed.

Keywords: koumis, dried saumal, seasonal variations, chemical composition, organoleptic characteristics, dairy products.

References

1. Aitpaeva, Zh.K., Zhumagalieva G.T. Vliyanie sezonnykh fakhtorov na sostav kobyl'ego moloka [Influence of seasonal factors on the composition of mare's milk] // Bulletin of Food Industry. – 2022. – No. 3. – P. 67-75. [in Russian].
2. FAO. Dairy production and seasonal variations in milk composition. Rome: Food and Agriculture Organization, 2021 [Electronic resource] – Access mode: http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/dairy/milk-and-milk-products/en.
3. Zinnatullin, R.Kh. et al.Sposob proizvodstva kumysa [Method for the production of kumys] // Patent for Invention of the Russian Federation No. RU2355174C2, IPC A23C 9/13, A23C 9/127. 2009. Bull. No. 14. [in Russian].
4. Kenzhegalieva, A.N., Sagyndykova L.M. Mikrobiologicheskie protsessy v fermentatsii kobyl'ego moloka [Microbiological processes in mare's milk fermentation] // Journal of Dairy Science. – 2021. – No. 4. – P. 56-63. [in Russian].

IRSTI 65.53.03

I.V. Sobol[1] – *main author,*
L.V. Donchenko[2], **E.A. Krasnoselova**[3], **E.S. Savchenko**[4]

[1]*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*
[2]*Doctor of Technical Sciences, Professor,* [3]*Associate Professor,* [4]*Assistant*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-0641-6261* [2]*https://orcid.org/0000-0002-1468-4808*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-1554-4740*

[1,2,3,4]*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin*

Krasnodar, Russia

[1]*iv-sobol@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/QUDQ3797

NEW TYPES OF PLANT RAW MATERIALS IN THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL FOODS

Abstract. Functional foods are healthy foods that help maintain and preserve human health when consumed daily. The expansion of the range of functional products will contribute to the health improvement of the population, thereby prolonging the duration and activity of life. The range of functional products increasingly includes products that include non-traditional herbal raw materials. One of these types is products based on mulberry fruits. Mulberry fruits contain valuable food ingredients that determine not only their nutritional, but also their pharmacological value. The high content of vitamins, minerals and coloring substances makes it possible to use mulberry fruits as a variety of desserts and medicinal products. The developed new fruit desserts based on mulberry fruits will help expand the range of functional products from non-traditional types of plant raw materials.

Keywords: functional products, vegetable raw materials, mulberry fruits, nutritional value, fruit dessert.

Sobol I.V., Donchenko L.V., Krasnoselova E.A., Savchenko E.S. New types of plant raw materials in the production of functional foods //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.4(90). – P.38-45. https://doi.org/10.55956/QUDQ3797

Introduction. The expansion of the range of functional food products based on plant raw materials requires in-depth knowledge of the chemical composition of the components included in the product. The presence of high levels of vitamins, mineral compounds, dietary fiber, and other biologically active substances in plant components that provide direct benefits to the human body is a fundamental factor determining the inclusion of a particular ingredient in a product formulation.

For this reason, new types of raw materials that were previously little used or undeservedly forgotten are increasingly being incorporated into traditional recipes. One such raw material is mulberry fruit.

Mulberry, or the mulberry tree (Latin: *Morus*), belongs to the Mulberry family (*Moraceae*). This genus includes about 20 species of woody plants that are most widely distributed in subtropical and warm temperate climates of North America, Africa, and Asia. In the eastern part of the range, the wild species *Morus macroura* is most widespread, whereas in the western part, white mulberry (*Morus*

alba) predominates. In Russia, only *Morus bombycis* has been found growing wild. References to mulberry fruits date back to ancient times. Three species of mulberry, black, red, and white, are cultivated in different countries. Black and white mulberries are the most common, while red mulberry is much rarer. In Russia, mulberry grows in Crimea, the North Caucasus, and the European part of the country [1,2].

Mulberry fruits vary not only in color but also in shape, size, and taste. Fruit color ranges from white to pinkish-white or yellow. Red mulberry fruits range from bright red to dark red or purple, while black mulberry fruits are dark purple or nearly black. Mulberry fruits are very delicate and aromatic; they are consumed fresh and widely used for processing. Mulberries are used to produce jam, juice, jelly, marmalade, various fillings for the confectionery industry, and wine. They are also dried, used to prepare mulberry honey, sherbet, and fruit leather, and employed in alcohol production. The variety of mulberry-based products is extensive [1].

Mulberry has long been used in traditional medicine. Not only the fruits but also the leaves, bark, and young shoots have been utilized. Mulberry fruits have been used in the treatment of hypertension, anemia, digestive disorders, diabetes mellitus, cardiovascular diseases, and other conditions.

The beneficial properties of mulberry have also been confirmed by scientific studies, which have demonstrated the hypolipidemic, antioxidant, antitumor, neuroprotective, immunomodulatory, and anti-atherosclerotic effects of the fruits [3-6].

Scientists have experimentally proven that extracts of black mulberry fruits affect cholinergic and muscarinic receptors, thereby enhancing the antidiarrheal effect. Nutrients present in mulberry fruits influence monoamine oxidase by inhibiting its activity, thus exerting a positive effect in the treatment of Parkinson's disease and hypertension.

Mulberry fruits contain a wide range of biologically active substances, including organic acids, minerals, essential oils, vitamins, pectic substances, and anthocyanins (as part of the coloring compounds).

Anthocyanins are natural pigments belonging to the class of flavonoid compounds. Chemically, they are polyphenolic compounds and occur in nature as mono- and diglycosides. Anthocyanins are powerful antioxidants that prevent the destruction of cell membranes, slow down cellular aging, bind free radicals, and inhibit tumor development [7-11].

The highest content of anthocyanins is found in black mulberry fruits. Mulberry fruits are rich in potassium, which is especially important for individuals suffering from cardiovascular diseases. The chemical composition of the fruits also includes vitamins C, E, K, A, and B-group vitamins. Among macronutrients, phosphorus, calcium, and sodium are the most significant, while among trace elements, iron, manganese, zinc, and selenium are present [12-16].

The nutritional value and chemical composition of mulberry fruits (per 100 g) are shown in Figure 1.

In addition to the substances presented above, mulberry fruits contain a valuable vitamin and mineral complex that helps the body maintain normal metabolic processes and combat vascular and cardiovascular diseases: vitamin A (1 μg), vitamin B_1 (29 μg), vitamin B_9 (6 μg), vitamin K (7.8 μg), vitamin C (36.4 mg), iron (1.85 mg), zinc (0.12 mg), copper (60 μg), and selenium (0.6 μg). The energy value of the fruits is only 43 kcal.

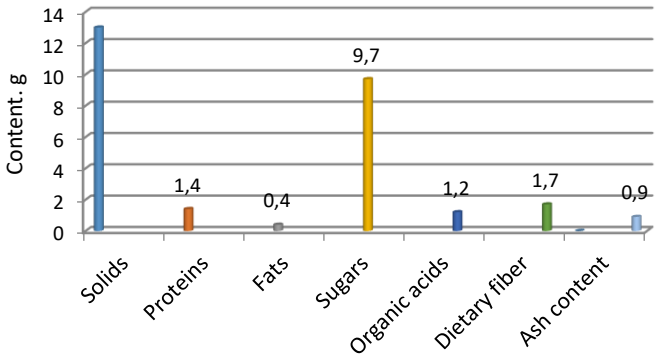


Fig. 1. Content of major nutrients in mulberry fruits, g/100 g

Mulberry is quite widespread in Russia; however, its cultivation is mainly of a private nature, and industrial plantations are absent. Currently, breeding and research are being carried out to develop and introduce new, highly promising mulberry cultivars with high yields into industrial production. This will make it possible not only to expand the range of products with high nutritional value, but also to enable the production of pharmaceutical preparations and natural food colorants from mulberry fruits.

Materials and methods. The objects of the study were fruits of three mulberry cultivars – *Smuglyanka*, *Black Prince*, and *Black Pearl*, grown in the Krasnodar Territory (Russia).

Mulberry cultivar "Smuglyanka". A black-fruited mulberry cultivar bred in the Belgorod Region. The berries are up to 3.5 cm in length, dark purple in color, early ripening, sweet with a slightly perceptible acidity. The cultivar is high-yielding, producing up to 110 kg of berries per tree.

Mulberry cultivar "Black Prince". A black-fruited mulberry cultivar. The berries are very large, up to 4–5 cm in length, sweet, dark purple to almost black in color, with a rich, honey-like flavor. The ripening period is medium. Winter hardiness reaches −30°C, and drought resistance is high. Yield is high, up to 100 kg of berries per tree.

Mulberry cultivar "Black Pearl". A mid-early cultivar intended for southern regions. The fruits are large, up to 4 cm in length and weighing up to 6-9 g. The fruit color is dark purple; the taste is sweet with a barely noticeable acidity, and the fruits are highly aromatic. Yield is stable, at 90-110 kg of berries per tree.

The aim of the study was to develop a functional food dessert based on black mulberry fruits. During the study, the physicochemical parameters of fresh mulberry fruits were determined, including dry matter content, acidity, sugar content, vitamin C, pectic substances, tannins, and coloring substances. After developing the formulation and optimizing the technology of the new products, their organoleptic and physicochemical properties were evaluated.

All studies were conducted at the Kuban State Agrarian University: at the Department of Technology of Storage and Processing of Crop Products and at the Research Institute of Biotechnology and Certification of Food Products. Pilot batches of the developed products were produced at the Educational, Scientific, and Production Complex "Technologist" (Kuban SAU).

Research results and discussion. The chemical composition of fresh raw materials largely determines the quality characteristics of the finished product, including its organoleptic properties and chemical composition. To predict the

possible chemical composition of the finished product, the chemical composition of plant raw materials – black mulberry fruits, was studied.

The main quality indicators of the studied fruits were determined, including the content of titratable (total) acids, dry matter, total sugars, pectic substances, tannins, and coloring substances. The research results are presented in Table 1.

Table 1

Physicochemical parameters of the studied mulberry cultivars

Mulberry cultivar	Dry matter, %	Acidity, %	Sugar content, %	Pectic substances (PS), %			Tannins and coloring substances, mg%
				Soluble PS	Proto-pectin	Total PS	
Smuglyanka	15.6 ± 0.02	0.95 ± 0.01	11.2 ± 0.01	0.56 ± 0.02	0.84 ± 0.02	1.40 ± 0.01	180.6 ± 0.02
Black Prince	14.8 ± 0.01	0.86 ± 0.02	10.8 ± 0.01	0.52 ± 0.02	0.91 ± 0.02	1.43 ± 0.02	182.3 ± 0.02
Black Pearl	15.3 ± 0.01	0.82 ± 0.02	10.6 ± 0.01	0.55 ± 0.03	0.99 ± 0.01	1.54 ± 0.01	181.7 ± 0.03

Note: Soluble PS – soluble pectic substances; PP – protopectin.

The research results presented in Table 1 characterize mulberry fruits as raw materials with high nutritional potential, combining a high content of pectic substances (up to 1.54%), sugars (up to 11.2%), organic acids (up to 0.95%), and coloring substances (up to 182.3 mg%).

At the next stage of the study, the content of vitamins and mineral substances in the mulberry cultivars was determined. The obtained data are presented in Table 2.

Table 2

Vitamin and mineral content in the studied mulberry cultivars (mg per 100 g)

Mulberry cultivar	Vitamin C	Vitamin PP (Niacin)	Vitamin B_1 (Thiamine)	Vitamin B_2 (Riboflavin)	Phosphorus	Calcium	Potassium	Magnesium
Smuglyanka	11.6 ± 0.01	0.86 ± 0.02	0.052 ± 0.02	0.031 ± 0.01	36.3 ± 0.02	23.8 ± 0.01	350.6 ± 0.02	50.7 ± 0.01
Black Prince	10.1 ± 0.01	0.76 ± 0.01	0.045 ± 0.02	0.028 ± 0.02	36.1 ± 0.03	24.6 ± 0.01	352.2 ± 0.02	51.3 ± 0.01
Black Pearl	13.4 ± 0.01	0.91 ± 0.02	0.048 ± 0.01	0.029 ± 0.02	34.2 ± 0.02	24.1 ± 0.01	348.4 ± 0.03	52.0 ± 0.01

It was established that mulberry fruits contain the highest amount of vitamin C (10.1-13.4 mg%) and significantly lower amounts of vitamin PP (0.76-0.91 mg%) and B-group vitamins. Among the minerals, potassium is the most abundant (up to 352.2 mg), followed by magnesium (up to 52.0 mg), while phosphorus and calcium are present in slightly lower amounts.

These data allowed the development of a fruit dessert based on mulberry fruits, with the addition of oranges and lemons to balance the flavor and increase vitamin C content. Spices such as cloves, cinnamon, and ginger extract were also

included, along with additional pectin to achieve a jelly-like consistency. Sorbitol was used as a sugar substitute.

The formulations of the developed desserts are presented in Table 3.

Table 3

Formulations of the developed functional fruit desserts
(kg per 1 t of finished product)

Raw material	"Lemon Mulberry"	"Orange Mulberry"
Mulberry	680.0	570.0
Lemon	269.68	-
Orange	-	384.67
Ginger (extract)	0.08	0.08
Sorbitol	45	40
Pectin	5.0	5.0
Cloves	0.08	0.05
Cinnamon	0.16	0.2

The developed desserts are characterized by the following organoleptic properties:

1. Appearance: Homogeneous, non-layering jelly-like mass with evenly distributed particles of mulberry, lemon, or orange, without any foreign impurities.
2. Color: Dark purple.
3. Aroma: Well-defined aroma of lemon (or orange) and ginger, with a subtle pleasant spice note.
4. Taste: Sweet with a slight acidity and a mild pungent aftertaste.

After selecting the best samples based on organoleptic evaluation, the physicochemical properties of the developed samples were studied.

Figure 2 presents the profilograms of the obtained fruit desserts.

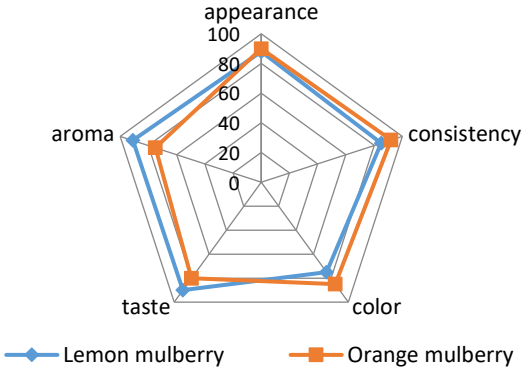


Fig. 2. Profilograms of the organoleptic properties of the fruit desserts

The data shown in Figure 2 indicate a high evaluation of the organoleptic properties of the newly developed functional desserts based on mulberry fruits. Both samples, "Lemon Mulberry" and "Orange Mulberry," have an appealing appearance, firm consistency, sweet-and-sour taste, and a pronounced aroma of citrus fruits and spices.

The chemical composition of the finished product characterizes its nutritional and biological value. Based on the content of the substances present in

the products, conclusions can be drawn regarding their benefits or potential harm to the human body. The results of the physicochemical analysis of the developed fruit desserts are presented in Table 4.

Table 4

Physicochemical properties of the developed fruit desserts

Dessert name	Dry matter, %	Acidity, %	Sugar content, %	Vitamin C content, mg%	Pectic substances, %	Tannins and coloring substances, mg%
Lemon Mulberry	68,6 ± 0,5	1,25 ± 0,03	33,7 ± 0,2	32,25 ± 0,3	3,16 ± 0,05	152,4 ± 0,5
Orange Mulberry	69,1 ± 0,5	1,08 ± 0,04	34,1 ± 0,2	30,54 ± 0,3	3,2 ± 0,05	154,1 ± 0,4

The obtained data characterize the developed fruit desserts as having high nutritional value, with a high content of vitamin C, pectic substances, and coloring substances (anthocyanins).

Conclusion. Thus, in the process of developing functional products based on unconventional plant raw materials, namely, black mulberry fruits, new fruit desserts were created. These desserts contain a high content of vitamin C (31.4 mg% on average, with a recommended daily intake of 90 mg/day), pectic substances (3.18% on average, with a recommended daily intake of 2-4 g/day), and coloring substances (153.25 mg% on average, with a recommended daily intake of 10-15 mg/day).

Since the content of a functional ingredient in a product should be at least 15% of the daily physiological requirement, the developed desserts can be classified as functional products when calculated per serving.

References

1. Babadzhanova Z.Kh., Karomatov I.D., Zhumaev B.Z., Alymova D.K. Shelkovitsa, tut: primenenie v drevney, sovremennoy narodnoi i nauchnoi meditsine (obzor literatury) [Mulberry: use in ancient, modern folk and scientific medicine (literature review)] // Young Scientist. – 2015. – No. 7. – P. 256-266. [in Russian].
2. Karomatov, I.D., Ikromova, F. Shelkovitsa kak lechebnoe sredstvo drevney i sovremennoy meditsiny [Mulberry as a medicinal remedy in ancient and modern medicine] // Biology and Integrative Medicine (electronic scientific journal). – 2018. – No. 2(19). [in Russian].
3. Nuraliev, Yu. Lekarstvennye rasteniya [Medicinal Plants]. – Dushanbe: Maorif, 1988. – 155 p. [in Russian].
4. Abd El-Mawla A.M. Induction of biologically active flavonoids in cell cultures of Morus nigra and testing their hypoglycemic efficacy // Scientia Pharmaceutica. – 2011. – Vol. 79, No. 4. – P. 951-961.
5. Aghababaee S.K. Effects of blackberry (Morus nigra L.) consumption on serum concentration of lipoproteins, apo A-I, apo B, hs-CRP and blood pressure in dyslipidemic patients // Journal of Research in Medical Sciences. – 2015. – Vol. 20, No. 7. – P. 684-691.
6. Ahmed S. Voltammetric determination of antioxidant character in Berberis lycium, Zanthoxylum armatum and Morus nigra Linn plants // Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2012. – Vol. 25, No. 3. – P. 501-507.
7. Sobol I.V., Krasnoselova E.A., Donchenko L.V. Vozmozhnost' ispol'zovaniya naturalnykh rastitelnykh ekstraktov v produktakh zdorovogo pitaniya [Possibility of

using natural plant extracts in health-promoting food products] // Proceedings of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University. – 2024. – No. 4(46). – P. 146-153. [in Russian].
8. Vakhrusheva Yu.A., Selina I.I., Oganesyan E.T. Sravnitelnaya antioksidantnaya aktivnost' yagod shelkovitsy chernoy (Morus nigra L.), shelkovitsy beloy (Morus alba L.) i shelkovitsy krasnoy (Morus rubra L.) [Comparative antioxidant activity of black, white and red mulberry fruits] // Pharmacy & Pharmacology. – 2015. – Vol. 3. – No. 2(9). – P. 5-9. [in Russian].
9. Khasanshina A.R., Abizov E.A. Antimikrobnye i protivovirusnye svoystva nekotorykh predstaviteley semeystva tutovykh (Moraceae Link) [Antimicrobial and antiviral properties of some species of the Moraceae family] // Medical Aid. – 2003. – No. 3. – P. 39-42. [in Russian].
10. Abbas G.M. A new antioxidant stilbene and other constituents from the stem bark of Morus nigra L. // Natural Product Research. – 2014. – Vol. 28, No. 13. – P. 952-959.
11. Ahmad A. Antiulcer and antioxidant activities of a new steroid from Morus alba // Life Sciences. – 2013. – Vol. 92, No. 3. – P. 202-210.
12. Mubalieva Sh.M., Aknazarov O.A., Shokhumorova O. Biokhimicheskiy sostav soplodiy shelkovitsy v usloviyakh zapadnogo Pamira [Biochemical composition of mulberry infructescences in the conditions of Western Pamir] // Proceedings of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Biological and Medical Sciences. – 2009. – No. 3(168). – P. 54-57. [in Russian].
13. Peteng de Vogrenan de Kyunyak D.T. et al. Gustoy ekstrakt plodov (vinograda, shelkovitsy i vostochnoi khurmy) kak istochnik zhiznenno vazhnykh mikroelementov i vitaminov [Thick fruit extract (grapes, mulberry, Oriental persimmon) as a source of essential trace elements and vitamins] // Healthcare of Tajikistan. – 2012. – No. 1. – P. 54-57. [in Russian].
14. Tsibizova A.A. et al. Kolichestvennoe soderzhanie askorbinovoi kisloty v plodakh shelkovitsy chernoy [Quantitative content of ascorbic acid in black mulberry fruits] // New Issues in Modern Science. – Astrakhan, 2017. – P. 83-85. [in Russian].
15. Sobol I.V., Rodionova L.Ya. Razrabotka produktov gerontologicheskogo pitaniya povyshennoi pishchevoi tsennosti [Development of gerontological nutrition products with increased nutritional value] // Polzunov Bulletin. – 2021. – No. 2. – P. 168-174. [in Russian].
16. Baziyan Kh.A. Yagody tuty kak lechebnoe sredstvo [Mulberry berries as a medicinal remedy] // Problems of Nutrition. – 1989. – No. 5. – P. 81-82. [in Russian].

Received: 22 September 2025
Accepted: 04 December 2025

И.В. Соболь[1], Л.В. Донченко[1], Е.А. Красноселова[1], Е.С. Савченко[1]

[1]И.Т. Трубилин атындағы Кубань мемлекеттік аграрлық университеті, Краснодар, Ресей

ФУНКЦИОНАЛДЫ ТАҒАМ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУДЕГІ ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНЫҢ ЖАҢА ТҮРЛЕРІ

Аңдатпа. Функционалды тағам өнімдері – күнделікті тұтыну барысында адам денсаулығын сақтауға және нығайтуға көмектесетін пайдалы азық-түліктер. Функционалды өнімдер ассортиментін кеңейту халықтың жалпы сауықтануына, соның нәтижесінде өмір сүру ұзақтығы мен белсенділігін арттыруға ықпал етеді. Функционалды өнімдердің құрамында дәстүрлі емес өсімдік шикізаты жиі қолданылып келеді. Осындай шикізаттың бірі – тұт жемістеріне негізделген өнімдер. Тұт жемістерінің құрамында олардың тағамдық қана емес, фармакологиялық

құндылығын да анықтайтын маңызды биологиялық белсенді заттар бар. Витаминдердің, минералды элементтердің және табиғи бояғыштардың жоғары болуы тұт жемістерін әртүрлі десерттер мен емдік тағамдар дайындауда қолдануға мүмкіндік береді. Тұт жемістеріне негізделген жаңа жеміс десерттері дәстүрлі емес өсімдік шикізатынан алынатын функционалды өнімдер ассортиментін кеңейтуге септігін тигізеді.

Тірек сөздер: функционалды өнімдер, өсімдік шикізаты, тұт жемістері, тағамдық құндылығы, жеміс десерті.

И.В. Соболь[1], Л.В. Донченко[1], Е.А. Красноселова[1], Е.С. Савченко[1]

[1]ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

НОВЫЕ ВИДЫ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Abstract. Функциональные продукты питания относятся к здоровым продуктам, которые помогают поддерживать и сохранять здоровье человека, при ежедневном их потреблении. Расширение ассортимента функциональных продуктов будет способствовать оздоровлению населения, тем самым продлевая продолжительность и активность жизни. В ассортименте функциональных продуктов все чаще встречаются продукты, в состав которых входит нетрадиционное растительное сырье. Одним из таких видов являются продукты на основе плодов шелковицы. В составе плодов шелковицы содержатся ценные пищевые ингредиенты, обусловливающие не только их пищевую, но и фармакологическую ценность. Высокое содержание витаминов, минеральных веществ и красящих веществ, позволяет использовать плоды шелковицы в качестве разнообразных десертов и лечебных продуктов. Разработанные новые фруктовые десерты на основе плодов шелковицы будут способствовать расширению ассортимента функциональных продуктов из нетрадиционных видов растительного сырья.

Keywords: функциональные продукты, растительное сырье, плоды шелковицы, пищевая ценность, фруктовый десерт.

ҒТАМР 65.59.31

Я.М. Узаков[1] – *негізгі автор*,
М.Ә-А. Қалдарбекова[2], **А.Н. Тортай**[3],
Д.Ә. Оңғарбек[4], **А.М. Аитбаева**[5]

[1]*Академик, техн. ғылым. д-ры, профессор,* [2]*PhD, қауымдас. профессор м.а.,* [3,5]*Докторант,* [4]*Магистрант*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0009-0001-2878-7170* [2]*https://orcid.org/0000-0002-0103-307X*
[3]*https://orcid.org/0009-0008-0756-2766* [4]*https://orcid.org/0009-0000-4823-1930*
[5]*https://orcid.org/0009-0003-5264-3163*

[1,2,3,4,5]*Алматы Технологиялық университеті,*

Алматы, Қазақстан

[3]*tortay.arsen@gmail.com*

©

https://doi.org/10.55956/GLZB2267

ТӨМЕН ҚҰНДЫ СУБӨНІМДЕРДІ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ӘЗІРЛЕНГЕН ШҰЖЫҚ ӨНІМДЕРІНІҢ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада ет өңдеу өндірісінде төмен құнды субөнімдерді және субөнімдерден алынған коллаген гидролизатын жартылай ысталған шұжық өнімдерінің құрамына енгізудің тиімділігі қарастырылды. Зерттеу барысында ірі қара малдың өкпесі мен құрышын, және де сирақтарынан әзірленген коллаген гидролизатын тауық филесінің мөлшерін алмастыра (жалпы массаның 30%-ы мөлшерінде) пайдаланып, жартылай ысталған шұжықтың тәжірибелік үлгісі («DAR») жасалды. Зерттеу барысында төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжықтың тәжірибелік үлгілері әзірленіп, олардың физика-химиялық, минералдық, аминқышқылдық құрамы және органолептикалық көрсеткіштері талданды. Тәжірибелік үлгінің физика-химиялық көрсеткіштерінде бақылау үлгісімен салыстырғанда pH мәнінің төмендегені (5,94-тен 5,82-ге дейін), ал ылғал байланыстыру қабілетінің 9,29%-ға (70,3%-дан 77,5%-ға), май байланыстыру қабілетінің 13,52%-ға (45,4%-дан 52,5%-ға) жоғарылағаны анықталды. Сонымен қатар минералдық элементтердің (темір, мырыш, фосфор, селен) мөлшері де едәуір жоғарылады. Алынған өнімдердің аминқышқылдық құрамы теңгерімді болып, өнімінің органолептикалық бағалауы бойынша орташа балл тәжірибелік үлгіде (4,68) бақылау үлгісіне қарағанда (4,46) жоғары болды. Зерттеу нәтижелері субөнімдерді және субөнімдер гидролизатын жартылай ысталған шұжық өнімдері құрамында қолданудың технологиялық және тағамдық тұрғыдан тиімділігін растап, олардың перспективалы шикізат көзі екенін көрсетті.

Тірек сөздер: жартылай ысталған шұжық, төмен құнды субөнімдер, II санатты субөнімдер, коллаген гидролизаты, өкпе, құрыш.

Узаков, Я.М. Төмен құнды субөнімдерді пайдалана отырып әзірленген шұжық өнімдерінің сапа көрсеткіштерін талдау [Мәтін] / Я.М. Узаков, М.Ә-А. Қалдарбекова, А.Н. Тортай, Д.Ә. Оңғарбек, А.М. Аитбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.46-57. https://doi.org/10.55956/GLZB2267

Кіріспе. Ет өңдеу өнеркәсібі мал шаруашылығы өнімдерінің өндірісін қолдауда, ауылдық жерлердегі халықты жұмыспен қамтуда және тұрғындарды ет және ет өнімдерімен де қамтамасыз етуде маңызды орын алады. Әлемде халық санының өсуі және табыс деңгейінің жоғарылауы ет өнімдеріне деген сұранысты арттырып отыр, бұл өз кезегінде қайта өңдеу кәсіпорындарының өнімділігін күшейтуді талап етеді.

Ет және ет өнімдері адам ағзасына қажетті барлық аминқышқылдары бар, толыққанды ақуыздың негізгі көзі болып табылады [1]. Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің деректері бойынша, 2024 жылы елде 430 мың тонна сиыр еті өндірілген, бұл 2023 жылмен салыстырғанда 7,5%-ға жоғары және ішкі сұранысты толық қамтамасыз етіп отыр. Дегенмен, өндіріс көлемінің өсуіне қарамастан, 2024 жылы Қазақстан Ресейден дайын ет өнімдерін импорттау бойынша бірінші орынды иеленген. Бұл жағдай ішкі нарықта ет өнімдерінің жекелеген түрлеріне деген сұраныстың толық қанағаттандырылмағандығын көрсетеді. [2].

Ет дефициті, ұзақ уақыт бойы ет және басқа да жануар ақуызынан бас тарту ағзада ақуыз жетіспеушілігін туғызып, қан түзілу процестерінің бұзылуына, май алмасуының нашарлауына және инфекциялық ауруларға төзімділіктің төмендеуіне әкелуі мүмкін [3]. Күнделікті тұтынатын ақуыз мөлшерінің шамамен 55%-ы жануар ақуызынан тұруы қажет [4].

Ақуыз жетіспеушілігі мәселесін шешудің тиімді жолдарының бірі – етпен қатар ет өңдеу саласындағы екінші реттік шикізаттарды, атап айтқанда субөнімдерді пайдалану [5]. Субөнімдер жиі дұрыс бағаланбағанымен, тағамдық құндылығы жағынан ерекше өнімдер болып табылады. Қазіргі кезде жаһандық экологиялық және экономикалық мәселелердің өршуіне байланысты субөнімдерді тиімді пайдалану өзекті болып отыр. Субөнімдердің құрамында ақуыздар, липидтер, дәрумендер мен минералдық заттар жеткілікті мөлшерде кездеседі, бұл оларды функционалдық және емдік-профилактикалық тағам өндірісінде пайдалануға мүмкіндік береді [6].

Субөнімдерді тамақ өнеркәсібінде пайдалану тамақ қалдықтарының көлемін азайтуға ықпал етіп, орнықты даму қағидаларына сәйкес келеді. FAO (2022) мәліметтері бойынша, субөнімдердің шамамен 20%-ы пайдаланылмай қалып, экономикалық шығынға әкелуде. Оларды қосымша құны жоғары өнімдердің өндіріс тізбегіне енгізу шикізат ресурстарын тиімді пайдаланып, өнімнің өзіндік құнын төмендетуге септігін тигізеді. Ірі қара малдың тірі салмағынан субөнімдердің орташа шығымы 22%-ды, шошқада – 17%, қой мен ешкіде – 20%-ды құрайды. Соңғы шолулар субөнімдерден алынатын гидролизденген коллагеннің функционалды тағамдарға сәтті енгізуі себептерін сипаттайды [7].

Осыған орай, еліміздің ет өңдеу саласының өзекті мәселерінің бірі ол ет өнімдерінің құрамына төмен құнды болып саналатын субөнімдерді енгізу болып табылады. Төмен құнды субөнімдер ақуыздың табылмас көзі болып қана қоймай, сондай-ақ, ет өнімдерінің физико-технологиялық көрсеткіштерін жақсартып, биологиялық құндылығын да арттыра алады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Төмен құнды (II-санаттағы) субөнімдері және субөнімдерден алынған коллаген гидролизатын пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжық өнімдері Алматы технологиялық университетінің «Ет өңдеу оқу-ғылыми орталығында» дайындалды. Бақылау үлгісі ретінде Ет өңдеу оқу-ғылыми орталығының ассортиментіндегі «АТУ-ская» жартылай ысталған шұжығының рецептурасы мен өндіріс технологиясы таңдалынды. Аталған «АТУ-ская» жартылай

ысталған шұжығы өз кезегінде «Любительская» (ГОСТ 31785-2012) жартылай ысталған шұжығының негізінде әзірленген.

Жартылай ысталған шұжық өндірісі етті бөлшектеу, сүйектен ажырату және сіңірден тазартудан басталады. Одан кейін ет шикізаты кесектерге ұсақталып, тұздау процессі (12-24 сағат, 2-4°С) жүргізілді. Төмен құнды субөнімдеріне (сиыр өкпесі мен құрышы) тазалау процессі жүргізіліп, жартылай дайын күйге жеткенше суда пісірілді (30-45 минут).

Коллаген гидролизатын алу үшін ірі қара малдың сирақтары пайдаланылды. Шикізат мұқият тазаланып, жуылды, содан кейін шамамен 70-100 г кесектерге кесілді. Майсыздандыру 65°С температурада 50 минут бойы жүргізілді, содан кейін жартылай фабрикат 40°С дейін салқындатылды. Ферментативті гидролиз 40°С температурада 24 сағат бойы BLT-7 фермент кешенін (1%) пайдалана отырып жүргізілді. Гидролизатты 95±2°С температурада 30 минут ұстау арқылы ферменттер инактивацияланды. Алынған ақуыз гидролизаты кептірілді және кейіннен ет жүйелерінде қолданылды.

Тұздалған ет шикізаты мен субөнімдер еттартқышта (CE 660F/ la Minerva/ Италия) ұсақталды (ет шикізаты үшін ø – 4 мм; субөнімдер үшін ø – 2 мм). Ұсақталған шикізат ет араластырғышта (C/E MM 30/ la Minerva/ Италия) дәмдеуіштер мен сарымсақ енгізіліп араластырылды (8-10 минут). Дайын фарш қабықтарға толтырылып, жылулық өңдеуден өту мақсатында, термокамераға (УК-3\1М100/Техтрон+/ Россия) енгізілді. Жылулық өңдеу қуырмалаудан (обжарка) (90 ± 10°С, 60-90 минут) басталып, пісірумен (80 ± 5°С, 40-80 минут) жалғасады, содан кейін өнім 20 °С және одан төмен температурада 2-3 сағат бойы салқындатылады. Салқындатылған шұжық өнімдері ыстау процессінен өтіп (42 ± 3°С, 6-8 сағат), 10-12°С температурада, 76,5 ± 1,5% ылғалдылықта 1-2 тәулік бойы кептіріледі. Дайын болған өнімдер сақтауға (2 ± 2°С) жіберіледі.

Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжық өнімдерінің рецептурасы 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжық өнімдерінің рецептурасы

Ингредиент атаулары	Бақылау үлгісі «АТУ-ская»	Тәжірибелік үлгі «DAR»
Негізгі шикізат, кг		
Сиыр еті	50	40
Құс еті (тауық филесі)	40	10
Сиыр ішек майы (висцералды)	10	10
Сиыр өкпесі	-	15
Сиыр құрышы (рубец)		15
Субөнімдерден алынған коллаген гидролизаты		10
Қосалқы шикізат, 100 кг өнімге г мөлшерінде		
Ас тұзы	3000	3000
Сарымсақ (чеснок)	200	200
Қант	120	120
Қара бұрыш ұнтақталған	100	100
Мускат жаңғағы	60	60
Натрий нитриті	5	5

Дайын өнімдерге зертханалық зерттеулер Алматы технологиялық университетінің «Тамақ қауіпсіздігі» аккредиттелген ғылыми-зерттеу зертханасында (аккредиттеу аттестаты №KZ.T.02.E 1158) жүргізілді.

Өнімнің pH мәні ГОСТ Р 51478-99 «Ет және ет өнімдері. Сутегі иондары концентрациясын (pH) анықтаудың бақылау әдісі» бойынша анықталды. Әдістің мәні сынаманың pH-метр көмегімен сутегі иондарының концентрациясын потенциометриялық әдіспен өлшеуге негізделген. Бұл әдіс зерттелетін үлгінің электродтық жүйемен әрекеттесуіне және сутегі иондарының белсенділігін тікелей анықтауға негізделеді. Өлшеу стандартты буферлік ерітінділерді қолдана отырып жүргізіледі, ал pH-метрдің дәлдігі градуирленген электрод жүйесімен қамтамасыз етіледі.

Өнімнің ылғал байланыстыру қабілеті Вартанян әдісі бойынша анықталды. Бұл әдіс еттің пісірілу кезіндегі ылғал жоғалтуларын өлшеуге негізделген. Сынаманың белгілі массасы пісіріліп, пісірілгеннен кейінгі массасы өлшенеді. Ылғал байланыстыру қабілеті (ЫБҚ) келесі формула бойынша есептеледі:

$$\text{ЫБҚ}(\%) = \left(1 - \frac{m_1 - m_2}{m_1}\right) \times 100 \quad (1)$$

мұнда: m_1 – пісірілмеген сынаманың массасы; m_2 – пісірілген сынаманың массасы.

Өнімнің май байланыстыру қабілеті (МБҚ) рефрактометриялық әдіс бойынша анықталды. Бұл әдіс өнімнің майды сіңіру және ұстап тұру қабілетін өлшеуге негізделген. Әдістің мәні – зерттелетін үлгіні маймен араластырып, кейіннен бос майды бөліп алу арқылы майдың сіңірілген мөлшерін анықтау. Май байланыстыру қабілеті (МБҚ) келесі формула бойынша есептеледі:

$$\text{МБҚ}(\%) = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1}\right) \times 100 \quad (2)$$

мұнда: m_1 – бастапқы өнімнің массасы (г); m_2 – маймен араластырғаннан кейінгі өнімнің массасы (г).

Темір мөлшері ГОСТ 26928-86 «Азық-түлік өнімдері. Темір мөлшерін анықтау әдістері» бойынша анықталды. Әдіс минералданған үлгіде темір иондарының концентрациясын анықтауға негізделеді. Темір анықтау үшін атомдық-абсорбциялық спектрометрия қолданылды.

Мырыш мөлшері ГОСТ 26934-86 «Азық-түлік өнімдері. Мырыш мөлшерін анықтау әдістері» бойынша өлшенді. Бұл әдісте өнім үлгісі қышқылдық өңдеуден өтеді, содан кейін атомдық-абсорбциялық спектрометрия көмегімен мырыштың нақты концентрациясы анықталды.

Фосфор мөлшері ГОСТ 9794-2015 «Ет және ет өнімдері. Фосфорды анықтау әдістері» бойынша анықталды. Әдістің мәні – өнімнің күкірт қышқылымен минералдануы нәтижесінде пайда болған фосфаттардың концентрациясын фотометриялық әдіспен өлшеу.

Селен мөлшері ГОСТ 31707-2012 «Азық-түлік өнімдері. Селен мөлшерін анықтау әдісі» бойынша анықталды. Селенді анықтау үшін атомдық-абсорбциялық спектрометрия қолданылды. Минералданған үлгіде селеннің оптикалық тығыздығы өлшеніп, оның нақты концентрациясы есептелді.

Өнімдегі ақуыздың массалық үлесі ГОСТ 25011-2017 «Ет және ет өнімдері. Ақуыздың массалық үлесін анықтау әдісі» бойынша анықталды. Кьельдаль әдісі бойынша, өнім үлгісі күкірт қышқылымен өңделіп, ақуыз құрамындағы азот аммоний сульфатына айналады. Кейін бұл қосылыс сілтімен бейтараптылып, бөлінген аммиак бор қышқылы ерітіндісімен байланысып, титрлеу арқылы жалпы азот мөлшері анықтлды.

Өнімдегі майдың массалық үлесі ГОСТ 23042-2015 «Ет және ет өнімдері. Майдың массалық үлесін анықтау әдістері» бойынша анықталды. Сокслет экстракциялау әдісі арқылы алдын ала кептірілген және ұнтақталған сынама органикалық еріткіш көмегімен майдан ажыратылады. Содан кейін еріткіш буландырылады, ал қалған май массасы өлшеніп, оның пайыздық мөлшері есептелді.

Өнімдегі көмірсулардың массалық үлесі перманганатометриялық әдіс арқылы анықталды. Әдістің мәні көмірсулардың тотығу-тотықсыздану реакциясына қатысу қабілетін пайдалану.

Зерттеу нәтижелері. Шұжық өнімдерінің сапалық көрсеткіштерін бағалау үшін өнімнің физика-химиялық құрамы мен тағамдық құндылығы зерттелді. Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжық өнімдерінің тағамдық құндылығы мен физика-химиялық көрсеткіштері 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2

Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжық өнімдерінің тағамдық құндылығы мен физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Бақылау үлгісі «АТУ-ская»	Тәжірибелік үлгі «DAR»
Физика-химиялық көрсеткіштері:		
pH	5,94	5,82
Ылғал байланыстыру қабілеті, %	70,3 ± 1,2	77,5 ± 1,2
Май байланыстыру қабілеті, %	45,4 ± 0,5	52,5 ± 0,5
Тағамдық құндылығы:		
Ақуыз, %	19,5 ± 0,21	17,75 ± 0,21
Май, %	25,9 ± 0,35	29,57 ± 0,35
Көмірсу, %	-	
Минералды элементтер:		
Темір, мг/100 г	2,08 ± 0,02	3,42 ± 0,02
Мырыш, мг/100 г	1,61 ± 0,03	2,58 ± 0,03
Фосфор, мг/100 г	149,1 ± 0,81	187,4 ± 0,81
Селен, мг/100 г	0,011 ± 0,001	0,018 ± 0,001

2-кестеде келтірілген мәліметтерге сәйкес, физика-химиялық көрсеткіштері бойынша тәжірибелік үлгіде бақылау үлгісімен салыстырғанда pH көрсеткіші 2,75%-ға төмендеген, ал ылғал байланыстыру қабілеті (ВУС) 9,29%-ға жоғарылаған, май байланыстыру қабілеті (ЖУС) 13,52%-ға артқан. Тағамдық құндылық тұрғысынан тәжірибелік үлгіде ақуыз мөлшері 9,86%-ға аз, ал майдың массалық үлесі 12,41%-ға өскен. Минералды элементтердің мөлшері бойынша тәжірибелік үлгіде темір 60,82%-ға, мырыш 62,40%-ға, фосфор 79,56%-ға, ал селен 61,11%-ға жоғарылаған. Бұл деректер субөнімдерді және олардың гидролизатын қосу өнімнің май құрамын арттырғанымен, минералды элементтердің концентрациясының артуы, сондай-ақ ылғал және май байланыстыру қабілеттерінің жоғарылауы

тәжірибелік үлгінің технологиялық және тағамдық тұрғыдан тиімділігін арттырғанын көрсетеді.

Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген «DAR» (тәжірибелік үлгі) жартылай ысталған шұжық өнімінің аминқышқылды құрамы 3-кестеде көрсетілген.

Кесте 3

Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген «DAR» (тәжірибелік үлгі) жартылай ысталған шұжық өнімінің аминқышқылды құрамы

№	Уақыты	Компонент	Басталуы	Аяқталуы	Ауданы	Конц., мг/л	Аминқышқылының массалық үлесі, %
1	7,923	-	7,807	8,012	254,8	0,00	0,00
2	8,067	аргинин	8,012	8,593	313,8	360,0	3,789 ± 1,515
3	11,928	лизин	11,692	12,355	368,2	180,0	1,894 ± 0,644
4	12,575	тирозин	12,355	12,698	265,4	270,0	2,841 ± 0,852
5	12,813	фенилаланин	12,698	13,135	221,8	210,0	2,210 ± 0,663
6	13,418	гистидин	13,135	13,667	84,77	80,0	0,842 ± 0,421
7	14,175	лейцин+ изолейцин	13,820	14,427	612,0	220,0	2,315 ± 0,602
8	14,575	метионин	14,427	14,642	67,68	56,0	0,589 ± 0,200
9	14,830	валин	14,642	15,060	300,5	200,0	2,105 ± 0,842
10	15,273	пролин	15,060	15,450	293,5	180,0	1,894 ± 0,493
11	15,505	треонин	15,250	15,505	208,7	110,0	1,158 ± 0,463
12	16,508	серин	16,185	16,632	208,7	110,0	1,158 ± 0,301
13	16,848	аланин	16,632	17,215	454,6	190,0	1,999 ± 0,520
14	18,638	глицин	18,243	18,968	402,1	140,0	1,473 ± 0,501

3-кестеде көрсетілген зерттеу нәтижелері бойынша тәжірибелік үлгі құрамында ең көп кездесетін аминқышқылдар аргинин (3,789 ± 1,515%) мен тирозин (2,841 ± 0,852%) екені анықталды. Сонымен қатар, маңызды аминқышқылдар - валин (2,105 ± 0,842%) және аланинның (1,999 ± 0,520%) жоғары мөлшерін көруге болады, бұл өнімнің биологиялық құндылығының жоғары екенін көрсетеді.

Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген «DAR» (тәжірибелік үлгі) жартылай ысталған шұжық өнімі ақуызының биологиялық құндылығы 4-кестеде көрсетілген.

Кесте 4

Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген «DAR» (тәжірибелік үлгі) жартылай ысталған шұжық өнімі ақуызының биологиялық құндылығы

Амин қышқылдар	Aj, г/100г	Acj, г/100г	Cj, %	ΔРАС, %	КРАС, %	БЦ, %	aj
лизин	8,65	5,5	157,27	-57,27	101,25	141,05	0,92
тирозин+ фенилаланин	10,21	6	170,17	-70,17	101,25	141,05	1
лейцин + изолейцин	16,16	11	146,91	-46,91	101,25	141,05	0,86
метионин	4,58	3	152,67	-52,67	101,25	141,05	0,9
валин	7,46	4,8	155,42	-55,42	101,25	141,05	0,91
треонин	4,05	4	101,25	-1,25	101,25	141,05	0,6
триптофан	1,16	1	116	-16	101,25	141,05	0,68

Зерттеу нәтижелері бойынша алынған мәліметтер өнімнің аминқышқылдық құрамы теңгерімді екенін, бірақ кейбір маңызды аминқышқылдардың, әсіресе триптофан мен треониннің, шектеуші фактор болатынын көрсетеді.

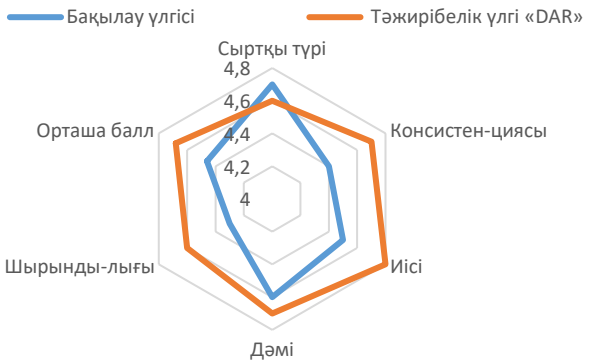
Өнімнің органолептикалық көрсеткіштерін органолептикалық талдау арқылы бағалау жүргізілді. Бұл зерттеуге Алматы технологиялық университетінің (Алматы, Қазақстан) «Тағам өнімдерінің технологиясы» кафедрасының қызметкерлері қатысты. Қатысушылар зерттеуге ерікті түрде қатысып, ауызша келісім берген. Органолептикалық талдау үшін біркелкі кесілген, 20°C ± 2°C дейін салқындатылған төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжық өнімі үлгілері алдын ала таңбаланған ақ тәрелкелерге орналастырылды. Шұжық өнімдерінің органолептикалық бағалау нәтижелері 5-кестеде көрсетілген.

Кесте 5

Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжық өнімдерінің органолептикалық бағалау нәтижелері

№	Үлгі атауы	Сыртқы түрі	Консистен-циясы	Иісі	Дәмі	Шырынды-лығы	Орташа балл
1	Бақылау үлгісі «АТУ-ская»	4,7	4,3	4,5	4,6	4,2	4,46
2	Тәжірибелік үлгі «DAR»	4,6	4,7	4,8	4,7	4,6	4,68

Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжық өнімдерінің органолептикалық бағалау нәтижелері негізінде шұжық өнімдерінің органолептикалық көрсеткіштерінің профилограммасы тұрғызылды (сурет 1).



Сурет 1. Төмен құнды субөнімдер пайдаланып әзірленген жартылай ысталған шұжық өнімдерінің органолептикалық көрсеткіштерінің профилограммасы

Органолептикалық талдау нәтижелері бойынша «DAR» тәжірибелік үлгісінің (4,68) органолептикалық көрсеткіштері, бақылау үлгісіне қарағанда (4,46), жоғары баллға ие болды. Бақылау үлгісінің сыртқы түрі жоғары бағаланғанымен, өзге көрсеткіштері бойынша тәжірибелік үлгісі басым болды. Әсіресе, комиссия мүшелері тәжірибелік үлгінің консистенциясы мен шырындылығын атап өтті.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жартылай ысталған шұжықтың құрамына төмен құнды субөнімдер мен

субөнімдерден алынған коллаген гидролизатын қосу өнімнің pH деңгейінің төмендеуіне, ылғал және май байланыстыру қабілетінің артуына, ақуыз мөлшерінің аздап төмендеуіне, май құрамының артуы және минералдық элементтердің едәуір жоғарылауына себеп болғанын көре аламыз.

Өнімнің pH деңгейінің төмендеуі субөнімдердің табиғи изоэлектрлік нүктесінің ерекшелігіне, сондай-ақ олардың құрамындағы ақуыздық және минералдық компоненттердің әсеріне байланысты. Өкпе және құрыш құрамында гликозаминогликандар мен қышқылдық реакцияға ие ақуыздық кешендер көптеп кездеседі, және де бұл қосылыстар өнімнің pH деңгейін төмендетіп, оның қышқылдық тұрақтылығын арттыруға себеп болады [8-10].

Өнімнің ылғал байланыстыру қабілетінің артуы субөнімдердің және коллаген гидролизатының су сіңіру және ұстап тұру қабілетінің жоғары деңгейімен, және де өкпе мен құрыш құрылымындағы кеуекті тіндердің жоғары үлесімен түсіндіріледі. Өкпе құрамында кеуекті альвеолярлы құрылымдар, ал асқазанда дәнекер тіндер мен коллагенді ақуыздар мол кездеседі, бұл олардың гидратациялық қасиеттерін күшейтеді. Компоненттер өнімдегі судың тұрақты байланысуына ықпал етіп, шұжық өнімнің шырындылығын арттырады. Коллаген гидролизаты өз кезегінде өнімнің ылғал байланыстыру қабілетінің артуына үлес қосып, өнімнің шығымын ұлғайтты [11,12].

Май байланыстыру қабілетінің артуы субөнімдердегі ақуыз-май кешендерінің түзілу қабілетінің жоғары болуымен түсіндіріледі. Өкпе және асқазан құрамында жасырын майлар және құрылымдық липидтер көп мөлшерде кездеседі. Бұл өнімдегі май мөлшерінің артуына да себеп болып табылады. Сонымен қатар, дәнекер тіндердегі гидрофобты аминқышқылдар май молекулаларымен байланысып, өнімнің майды ұстап тұру қабілетін жақсартады. Субөнімдерді қосу май фазасының біркелкі таралуын қамтамасыз етіп, өнімнің консистенциясына да әсерін тигізеді [13,14].

Ақуыз мөлшерінің төмендеуі пайдаланылған субөнімдерден алынған коллаген гидролизатының үлесімен түсіндіріледі. Коллаген құрылымдық ақуыз болғанымен, оның биологиялық құндылығы ет бұлшықет ақуыздарынан төмен, сондықтан ақуыз мөлшері аздап төмендеді [15-17]. Ал минералдық элементтер үлесінің артуы субөнімдердің табиғи минералдық құрамы бай болуымен байланыстырылады [18-20].

Қорытынды. Жүргізілген зерттеудің нәтижелері бойынша төмен құнды субөнімдерді (сиыр өкпесі мен құрышы) және субөнімдерден алынған коллаген гидролизатын пайдаланып әзірленген «DAR» тәжірибелік үлгісінің физика-химиялық және тағамдық көрсеткіштерінде елеулі өзгерістер байқалды. Өнімнің pH деңгейі төмендеп (5,82), ылғал (77,5%) және май байланыстыру қабілеті (52,5%) жоғарылады, бұл оның технологиялық сипаттамаларын жақсартып, өнімнің шырындылығын арттырды. Минералдық элементтер мөлшері, әсіресе темір, мырыш, фосфор және селен концентрациялары айтарлықтай жоғарылады. Бұл субөнімдердің табиғи минералдық құрамының бай болуымен түсіндіріледі және өнімнің биологиялық құндылығы мен тағамдық қасиеттерін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, тәжірибелік үлгінің аминқышқылдық құрамы салыстырмалы түрде теңгерімді болды, бірақ триптофан (aj = 0,68) және треонин (aj = 0,6) аминқышқылдары шектеуші факторлар ретінде анықталды. Органолептикалық талдау нәтижелері бойынша, төмен құнды субөнімдерді және субөнімдерден алынған коллаген гидролизатын қолдану өнімнің жалпы дәмдік және құрылымдық сипаттамаларын жақсартқанын көрсетті.

Әдебиеттер тізімі

1. Лисицын, А.Б. Комплексное использование сырья в мясной отрасли АПК [Текст] / А.Б. Лисицын, Н.Ф. Небурчилова, И.В. Петрунина // Пищевая промышленность. – 2016. – № 5. – С. 58-62.
2. Қазақстан Республикасының Ұлттық статистика бюросы. Ауыл, орман, аңшылық және балық шаруашылығы бойынша статистикалық ақпарат [Электрондық ресурс]. – Қолжетімділік режимі: https://stat.gov.kz/industries/business-statistics/stat-forrest-village-hunt-fish/.
3. Кузлякина, Ю.А. Экологическая безопасность в мясной отрасли [Текст] / Ю.А. Кузлякина, З.А. Юрчак, Е.В. Крюченко // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2019. – № 3. – С. 984-992.
4. Небурчилова, Н.Ф. Эффективное использование сырья животного происхождения на предприятиях мясной промышленности [Текст] / Н.Ф. Небурчилова, И.В. Петрунина, Е.О. Щербинина // Все о мясе. – 2016. – № 6. – С. 18-21.
5. Сысоев, В.Н. Влияние субпродуктов первой категории на качество колбасы варено-копченой [Текст] / В.Н. Сысоев // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения: материалы конференции. – Самара: Изд-во Самарской ГСХА, 2015. – С. 288-292.
6. Smith N.W. et al. Modeling the contribution of meat to global nutrient availability // Frontiers in Nutrition. – 2022. – Vol. 9. – P. 766796.
7. Лебедева, Л.И. Использование субпродуктов в России и за рубежом [Текст] / Л.И. Лебедева, В В. Насонова, М.И. Веревкина // Все о мясе. – 2016. – № 5. – С. 8-13.
8. Горнец, В. Функционально-технологические свойства животных субпродуктов [Текст] / В. Горнец // Материалы 6-й Международной научно-технической конференции «Современные технологии в машиностроении и образовании». – Кишинев: Технический университет Молдовы, 2016. – С. 89-91.
9. Журавлева, И.Н. Новое направление использования субпродуктов [Текст] / И.Н. Журавлева, Л.В. Волощенко // Сборник трудов: Инновационные решения для АПК. – 2022. – С. 92.
10. Paula M.M.O. et al. Extraction of proteins from aqueous and salt solutions of porcine edible byproducts using the pH-shifting technique // Food Chemistry Advances. – 2023. – Vol. 2. – P. 100486.
11. Кочеткова, А.В. Влияние сырья на состав и свойства варёных колбас [Текст] / А.В. Кочеткова, Н.А. Вавилова, И.А. Долматова // Будущее науки–2017: [сборник трудов]. – 2017. – С. 142-146.
12. Узаков, Я.М. Инновационные подходы к переработке субпродуктов: биотехнологические решения для устойчивого производства [Текст] / Я.М. Узаков [и др.] // In The World Of Science and Education. – 2024. – № 15 (ОБЩ). – С. 9-14.
13. Акопян, К.В. Использование вторичного сырья в производстве колбасных изделий [Текст] / К.В. Акопян, А.А. Нестеренко // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. – 2017. – С. 58-61.
14. García Londoño V.A. et al. Characterization of by-products with high fat content derived from the production of bovine gelatin // F1000Research. – 2022. – Vol. 11. – P. 1354.
15. Marzocchi S. et al. Value-addition of beef meat by-products: Lipid characterization by chromatographic techniques // Journal of Oleo Science. – 2018. – Vol. 67, No. 1. – P. 23-30.
16. Ходорева, О.Г. Субпродукты говяжьи: аминокислотный состав и сбалансированность белка [Текст] / О.Г. Ходорева, К.А. Марченко, С.А. Гордынец // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2023. – № 16. – С. 140-147.

17. Сухих, С.А. Изучение аминокислотного состава коллагенсодержащего сырья животного происхождения [Текст] / С.А. Сухих, Е.Г. Чупахин, О.Б. Калашникова // Инновационные научные исследования. – 2021. – № 4-1. – С. 174-179.
18. Лебедева, Л.И. Способы обработки коллагеносодержащего сырья и субпродуктов [Текст] / Л.И. Лебедева, В.В. Насонова, М.И. Веревкина // Мясная индустрия. – 2016. – № 4. – С. 44-47.
19. Biel W. et al. Offal chemical composition from veal, beef, and lamb maintained in organic production systems // Animals. – 2019. – Vol. 9, № 8. – P. 489.
20. Fuerniss H.F. et al. Nutrient Analysis of Raw United States Beef Offal Items // Nutrients. – 2024. – Vol. 16, № 18. – P. 3104.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған AP19680380 «Жануарлардан алынатын ингредиенттер – коллагендік пептидті гидролизаттарды алу технологиясын әзірлеу және олардың негізінде функционалды ет өнімдерін жасау» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 08.04.25 түсті, 03.12.25 қабылданды.

Я.М. Узаков[1], М.А-А. Калдарбекова[1], А.Н. Тортай[1], Д.А. Онгарбек[1], А.М. Аитбаева[1]

[1]Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОЦЕННЫХ СУБПРОДУКТОВ

Аннотация. В статье рассмотрена эффективность введения в состав полукопчёных колбасных изделий малоценных субпродуктов и коллагенового гидролизата, полученного из субпродуктов. В ходе исследования, используя легкие и рубец крупного рогатого скота, а также коллагеновый гидролизат, приготовленный из путового сустава, замещая количество куриного филе (в размере 30% от общей массы), был изготовлен опытный образец полукопчёной колбасы («DAR»). В ходе исследования были приготовлены опытные образцы полукопчёной колбасы с использованием низкоценных субпродуктов, и проанализированы их физико-химический, минеральный, аминокислотный состав и органолептические показатели. По физико-химическим показателям опытного образца по сравнению с контрольным образцом установлено снижение значения pH (с 5,94 до 5,82), а также увеличение водосвязывающей способности на 9,29% (с 70,3% до 77,5%) и жиросвязывающей способности на 13,52% (с 45,4% до 52,5%). Кроме того, значительно повысилось содержание минеральных элементов (железа, цинка, фосфора, селена). Аминокислотный состав полученных изделий был сбалансирован, а по органолептической оценке средний балл у опытного образца (4,68) был выше, чем у контрольного (4,46). Результаты исследования подтвердили технологическую и пищевую эффективность использования субпродуктов и гидролизата коллагена из субпродуктов в составе полукопчёных колбасных изделий и показали, что они являются перспективным источником сырья.

Ключевые слова: полукопченая колбаса, малоценные субпродукты, субпродукты II категории, гидролизат коллагена, легкие, рубец.

Ya.M. Uzakov[1], M.A-A. Kaldarbekova[1], A.N. Tortay[1], D.A. Ongarbek[1], A.M. Aitbaeva[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

ANALYSIS OF QUALITY INDICATORS OF SAUSAGE PRODUCTS PREPARED WITH THE USE OF LOW-VALUE BY-PRODUCTS

Abstract. The article examines the effectiveness of incorporating low-value by-products and collagen hydrolysate obtained from by-products into the composition of semi-smoked sausage products. In the course of the study, using the lungs and rumen of cattle as well as collagen hydrolysate prepared from fetlock joints, substituting for the amount of chicken fillet (at 30% of the total mass), an experimental sample of semi-smoked sausage ("DAR") was produced. During the study, experimental samples of semi-smoked sausage prepared using low-value by-products were developed, and their physicochemical, mineral, amino acid composition, and organoleptic characteristics were analyzed. In the physicochemical indicators of the experimental sample, compared with the control sample, a decrease in pH value was identified (from 5,94 to 5,82), while the water-binding capacity increased by 9,29% (from 70,3% to 77,5%) and the fat-binding capacity by 13,52% (from 45,4% to 52,5%). In addition, the contents of mineral elements (iron, zinc, phosphorus, selenium) also increased significantly. The amino acid composition of the obtained products was balanced, and according to the organoleptic evaluation, the average score of the experimental sample (4,68) was higher than that of the control sample (4,46). The results of the study confirmed the technological and nutritional efficiency of using by-products and hydrolysate of by-products in the composition of semi-smoked sausage products and showed that they are a promising raw material source.

Keywords: semi-smoked sausage, low-value by-products, category II by-products, lungs, rumen.

References

1. Lisitsyn A.B., Neburchilova N.F., Petrunina I.V. Kompleksnoe ispol'zovanie syr'ya v myasnoĭ otrasli APK [Comprehensive use of raw materials in the meat industry of the agro-industrial complex] // Food Industry. – 2016. – No. 5. – P. 58-62. [in Russian].
2. National Bureau of Statistics of the Republic of Kazakhstan. Statistical information on agriculture, forestry, hunting, and fishing [Electronic resource]. – Access mode: https://stat.gov.kz/industries/business-statistics/stat-forrest-village-hunt-fish/. [in Kazakh].
3. Kuzlyakina Yu.A., Yurchak Z.A., Kryuchenko E.V. Èkologicheskaya bezopasnost' v myasnoĭ otrasli [Environmental safety in the meat industry] // Electronic Network Polythematic Journal "Scientific Works of Kuban State Technological University". – 2019. – No. 3. – P. 984-992. [in Russian].
4. Neburchilova N.F., Petrunina I.V., Shcherbinina E.O. Èffektivnoe ispol'zovanie syr'ya zhivotnogo proiskhozhdeniya na predpriyatiyakh myasnoĭ promyshlennosti [Effective use of raw materials of animal origin at meat industry enterprises] // All About Meat. – 2016. – No. 6. – P. 18-21. [in Russian].
5. Sysoev V.N. Vliyanie subproduktov pervoĭ kategoria na kachestvo kolbasy varenokopchenoĭ [The influence of first category by-products on the quality of boiled-smoked sausage] // Actual problems of agricultural science and ways to solve them: conference proceedings. – Samara: Izd-vo Samarskoy GSKhA, 2015. – P. 288-292. [in Russian].
6. Smith, N.W. et al. Modeling the contribution of meat to global nutrient availability // Frontiers in Nutrition. – 2022. – Vol. 9. – P. 766796.

7. Lebedeva L.I., Nasonova V.V., Verevkina M.I. Ispol'zovanie subproduktov v Rossii i za rubezhom [Use of by-products in Russia and abroad] // All About Meat. – 2016. – No. 5. – P. 8-13. [in Russian].
8. Gornets V. Funktsional'no-tekhnologicheskie svoĭstva zhivotnykh subproduktov [Functional and technological properties of animal by-products] // Proceedings of the 6th International Scientific and Technical Conference “Sovremennyye tekhnologii v mashinostroyenii i obrazovanii” [Modern Technologies in Mechanical Engineering and Education]. – Chisinau: Technical University of Moldova, 2016. – P. 8991. [in Russian].
9. Zhuravleva I.N., Voloshchenko L.V. Novoe napravlenie ispol'zovaniya subproduktov [New direction for the use of by-products]b // Collection of works: Innovative solutions for the agro-industrial complex. – 2022. – P. 92. [in Russian].
10. Paula, M.M.O. et al. Extraction of proteins from aqueous and salt solutions of porcine edible byproducts using the pH-shifting technique // Food Chemistry Advances. – 2023. – Vol. 2. – P. 100486.
11. Kochetkova A.V., Vavilova N.A., Dolmatova I.A. Vliyanie syr'ya na sostav i svoĭstva varënykh kolbas [The influence of raw materials on the composition and properties of cooked sausages] // Future of Science–2017: collection of works. – 2017. – P. 142-146. [in Russian].
12. Uzakov Ya.M. et al. Innovatsionnye podkhody k pererabotke subproduktov: biotekhnologicheskie resheniya dlya ustoĭchivogo proizvodstva [Innovative approaches to by-product processing: biotechnological solutions for sustainable production] // In The World Of Science and Education. – 2024. – No. 15 (OBSHCH). – P. 9-14. [in Russian].
13. Akopyan K.V., Nesterenko A.A. Ispol'zovanie vtorichnogo syr'ya v proizvodstve kolbasnykh izdelii [The use of secondary raw materials in the production of sausage products] // Modern aspects of production and processing of agricultural products. – 2017. – P. 58-61. [in Russian].
14. García Londoño, V.A. et al. Characterization of by-products with high fat content derived from the production of bovine gelatin // F1000Research. – 2022. – Vol. 11. – P. 1354.
15. Marzocchi, S. et al. Value-addition of beef meat by-products: Lipid characterization by chromatographic techniques // Journal of Oleo Science. – 2018. – Vol. 67, No. 1. – P. 23-30.
16. Khodoreva O.G., Marchenko K.A., Gordynets S.A. Subprodukty govyazh'i: aminokislotnyĭ sostav i sbalansirovannost' belka [Beef by-products: amino acid composition and protein balance] // Topical issues of meat and dairy raw material processing. – 2023. – No. 16. – P. 140-147. [in Russian].
17. Sukhikh S.A., Chupakhin E.G., Kalashnikova O.B. Izuchenie aminokislotnogo sostava kollagensoderzhashchego syr'ya zhivotnogo proiskhozhdeniya [Study of the amino acid composition of collagen-containing raw materials of animal origin] // Innovative Scientific Research. – 2021. – No. 4-1. – P. 174-179. [in Russian].
18. Lebedeva L.I., Nasonova V.V., Verevkina M.I. Sposoby obrabotki kollagenosoderzhashchego syr'ya i subproduktov [Methods for processing collagen-containing raw materials and by-products] // Meat Industry. – 2016. – No. 4. – P. 44-47. [in Russian].
19. Biel, W. et al. Offal chemical composition from veal, beef, and lamb maintained in organic production systems // Animals. – 2019. – Vol. 9, No. 8. – P. 489.
20. Fuerniss, H.F. et al. Nutrient Analysis of Raw United States Beef Offal Items // Nutrients. – 2024. – Vol. 16, No. 18. – P. 3104.

ҒТАМР 65.63.33

З.Т. Нурсеитова[1] – *негізгі автор*, ©
А.К. Джанмулдаева[2], Г.Ж. Нурынбетова[3], Б.Ж. Мулдабекова[4], М.С. Шерова[5], М.А. Якияева[6]

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

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-1057-533X [2]https://orcid.org/0009-0008-2886-4448*
[3]https://orcid.org/0000-0002-2391-3633 [4]https://orcid.org/0000-0003-1848-4288
[5]https://orcid.org/0009-0002-1774-4914 [6]https://orcid.org/0000-0002-8564-2912

[1,2,3,5]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан
[4,6]Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

@ *[1]nur.zeinep@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/HTHL7093

ӨСІМДІК ҚОСПАСЫ ҚОСЫЛҒАН СИЫР СҮТІ МЕН СОЯ СҮТІ НЕГІЗІНДЕГІ ЙОГУРТТЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Салауатты өмір салты мен функционалды тағамдарға деген қызығушылықтың артуы сүт өнеркәсібінде, оның ішінде функционалды йогурттарды әзірлеуде инновациялық өнімдердің жасалуына түрткі болды. Бұл зерттеудің мақсаты – сиыр сүті мен соя сүтінің қоспасы негізінде биологиялық белсенді заттарға бай көкөніс қоспаларымен байытылған функционалды йогурт дайындау және оның қасиеттерін бағалау. Зерттеу міндеттері сүт қоспасының оңтайлы құрамын таңдау, пробиотикалық дақылдарды іріктеу және өнімнің тағамдық әрі функционалдық құндылығын арттыратын көкөніс қоспаларын анықтау болды. Бұл зерттеу ғылыми әрі қолданбалы маңызға ие, себебі ол функционалды тағамдардың ассортиментін кеңейтуге және олардың денсаулыққа пайдасын арттыруға бағытталған. Әдістемеге *Lactobacillus* және *Bifidobacterium* негізіндегі ашытқыларды пайдалана отырып, әртүрлі пропорцияларда сәбіз бен асқабақ қосылған эксперименттік йогурт үлгілерін дайындау кірді. Өнімнің тағамдық құндылығы, пробиотиктердің тіршілікке қабілеттілігі, органолептикалық қасиеттері және сақтау кезеңіндегі тұрақтылығы бағаланды. Нәтижелер көрсеткендей, алынған сүтті-өсімдік негізіндегі йогурт жоғары тағамдық құндылыққа, тұрақты пробиотикалық белсенділікке және жақсы органолептикалық қабылдауға ие. Бұл өнім дәстүрлі йогуртқа функционалды балама ретінде қарастырылып, денсаулығына мән беретін тұтынушылардың сұранысын қанағаттандыра алады.

Тірек сөздер: функциональды бағыттағы йогурт, соя сүті, көкөністі қоспа, пробиотиктер, сүтті-өсімдікті қоспа, биобелседі қоспалар, тағамдық инновация.

Нурсеитова, З.Т. Өсімдік қоспасы қосылған сиыр сүті мен соя сүті негізіндегі йогуртты жасау және зерттеу [Мәтін] / З.Т. Нурсеитова, А.К. Джанмулдаева, Г.Ж. Нурынбетова, Б.Ж. Мулдабекова, М.С. Шерова, М.А. Якияева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.58-64. https://doi.org/10.55956/HTHL7093

Кіріспе. Сүт және сүт өнімдері халықтың барлық санаттарының рационындағы ең көп таралған тағам өнімдері болып табылады. Олардың

танымал болу себептері сүттің ерекше қасиеттері мен құрамдас бөліктеріне, сондай-ақ осы шикізаттан алуан түрлі өнімдерді өндіру мүмкіндігіне байланысты.

Сүт өнеркәсібі халықты функционалды тағамдармен қамтамасыз ету міндетін шешуде негізгі сала болып табылады. Сүт және өсімдік шикізатының үйлесімі осы өнімдердің құрамына кіретін ингредиенттерді бір немесе бірнеше маңызды факторлармен өзара байыту мүмкіндігін ұсынады. Бұл теңдестірілген құрамы бар, тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары өнімдер жасауға және функционалдық қасиеттері бар сүт өнімдерінің түрлерін кеңейтуге мүмкіндік береді. Сүт екі түрлі әдіс арқылы аралас өнімдерді өндіруде негізгі компонент болып табылады: 1) сүт өніміне өсімдік шикізатын қосу және 2) өсімдік шикізатына сүт ингредиенттерін қосу арқылы [1]. Көкөніс және сүт ақуыздарының үйлесімі сүт ақуыздарымен салыстырғанда жоғары аминқышқылдық құрам беретіні дәлелденген [2].

Сүт өнімдерінің функционалдық қасиеттері әдетте олардың май қышқылдарының, аминқышқылдарының және минералдардың құрамын реттеу және оларды микроэлементтермен байыту арқылы жақсарады. Сүт шикізатының өсімдік компоненттерімен үйлесуі өнімдердегі дәрумендердің, көмірсулардың, минералдардың және талшықтардың мөлшерін реттеуге мүмкіндік береді. Олар сондай-ақ сүт өнімдеріне ерекше көкөніс дәмі мен хош иісін, сондай-ақ тартымды көрініс береді. Өсімдік шикізатынан алынған биологиялық белсенді қосылыстарды пайдалану емдік, профилактикалық және функционалды өнімдерді өндірудегі перспективалы бағыт болып табылады [3].

Йогурт – пробиотикалық пайдасы мен жоғары тағамдық құндылығымен танымал кеңінен тұтынылатын сүт өнімі. Дегенмен, дәстүрлі йогуртта көбінесе тағамдық талшықтар мен белгілі бір фитонутриенттер жетіспейді. Өсімдік компоненттерін йогурт құрамына енгізу оның функционалдық қасиеттерін жақсарта алады, ас қорытуды жақсарту, антиоксиданттық белсенділік және иммундық функцияны күшейту сияқты қосымша денсаулыққа пайда әкеледі [4,5].

Сүт баламалары арасында ең танымал вегетариандық сығынды – соя сүті өте қоректік және пайдалы тағам болып саналады, себебі оның құрамында жоғары сапалы ақуыздың айтарлықтай мөлшері және полиқанықпаған май қышқылдарының жақсы деңгейі бар [6]. Соған қарамастан, соя сүтінің маркетингі тұтынушылар арасында төмен қабылдануына байланысты шектеулі, себебі олар бұршақ компоненттерінің дәмін жағымсыз деп санайды. Дегенмен, зерттеулер соя сүтін сүт қышқылы бактерияларымен ашыту оның сезімталдық тартымдылығын арттыра алатынын, осылайша тұтынушылардың дәмі мен хош иісіне қатысты алаңдаушылығын шеше алатынын көрсетті. Сонымен қатар, соя сүті *Bifidobacterium*-мен бірге *Lactobacillus* сүт бактерияларының өсуі үшін типтік субстрат болып саналады, бұл сүтте болатын олигосахаридтерді пайдаланады және ашытылған өнімге (йогуртқа) ерекше пробиотикалық дәм береді [7].

Бұл зерттеудің мақсаты сиыр сүтімен араласқан және бифидобактериялар мен өсімдік компоненттерімен толықтырылған соя сүтін сүт және өсімдік қоректік заттарының оңтайлы тепе-теңдігімен ашыту арқылы функционалды сүт-көкөніс йогуртын жасау болды.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Сүт-өсімдік йогурты соя мен сиыр сүтінен, пробиотикалық ашытқылардан (*Lactobacillus* және *Bifidobacterium* түрлері) және сәбіз, асқабақ сияқты таңдалған көкөністерден дайындалды.

Бұл көкөністер дәрумендердің, минералдардың және талшықтардың көптігіне және сүт өнімдерімен үйлесімділігіне байланысты таңдалды.

Органолептикалық және физика-химиялық талдаулар жалпы қабылданған стандартты әдістерді қолдану арқылы жүргізілді. Тағамдық талдау: ақуыздардың, майлардың, көмірсулардың, талшықтардың және микроэлементтердің мөлшері бағаланды. Микробиологиялық талдау: пробиотиктердің тіршілік ету қабілеті 14 күндік сақтау кезеңінде бақыланды.

Органолептикалық бағалау келесі көрсеткіштер бойынша жүргізілді: дәмі, хош иісі, консистенциясы, түсі және сыртқы түрі.

Соя сүтін дайындау. Соя бұршақтары қабығын алу үшін 3 сағат бойы суға батырылды, содан кейін суланған суды ағызып, қабығын қолмен алып тастады. Аршылған бұршақтар 0,05% $NaHCO_3$ суында 20 минут бойы қайта жібітіліп, содан кейін 100°C температурада 5 минут қайнатылды (соя бұршақтарын бланширлеу үшін $NaHCO_3$ қолданылды). Қайнаған су ағызылып, бұршақтар таза сумен шайылды. Су бұршақтарға тиісінше 6:1 қатынасында қосылды. Бұршақ пен су 10 минут бойы жоғары жылдамдықпен араластырылды, содан кейін суспензия дәкенің екі қабаты арқылы сүзілді. Таза сығынды 85°C температурада 30 минут бойы қыздырылды [8].

Йогурт дайындау. Көкөністер жуылып, аршылып, езілді. Сүт-көкөніс қоспасы пюрені әртүрлі концентрацияда пастерленген соя мен сиыр сүтімен 1:1 қатынасында араластыру арқылы дайындалды. Йогурт массасының үлгілері гомогенделіп, қауіпсіздік пен біртектілікті қамтамасыз ету үшін 85°C дейін 30 минут қыздырылды.

Содан кейін қоспа 43°C дейін салқындатылып, пробиотикалық бастамалармен (*Lactobacillus* және *Bifidobacterium* түрлері) егіліп, бөтелкелер жабылғаннан кейін қолмен мұқият араластырылды. 2,5 сағаттан кейін pH мәні 4,6 болу үшін ашыту 42°C температурада 6-8 сағат бойы жүргізілді. Байытылған дақылдардың бастапқы тіршілік ету қабілеті (106 CFU/г) болды. Соңғы өнім салқындатылып, әрі қарай талдау үшін 4°C температурада 15 күн сақталды.

Рецепт:

1. 1 литр пастерленген сүт 500 мл + 500 мл соя және сиыр сүті қосылған қоспа;
2. 200 г көкөніс пюресі (сәбіз, асқабақ);
3. 2 ас қасық қант немесе бал (қалауыңызша, дәміне қарай);
4. 1 пакет (2 г) пробиотикалық йогурт бастамасы.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. *Органолептикалық бағалау.* Органолептикалық бағалау соя мен сиыр сүтінен жасалған, асқабақ-сәбіз пюресі қосылған йогурт үшін әр түрлі концентрациядағы (100, 200, 300 г) анықталды. Бағалау келесі көрсеткіштер бойынша жүргізілді: дәмі, хош иісі, консистенциясы, түсі және сыртқы түрі (1-кесте).

Ең жақсы органолептикалық сипаттамаларға 200 г асқабақ-сәбіз пюресі концентрациясымен қол жеткізілді. Бұл нұсқа дәмнің, консистенцияның, түстің және хош иістің оңтайлы тепе-теңдігін қамтамасыз етіп, өнімді тұтынушы үшін ең тартымды етті.

Кесте 1

Соя мен сиыр сүтінен жасалған, асқабақ-сәбіз пюресі (АСП) қосылған йогурттың органолептикалық бағасы

АСП концентрациясы	Дәмі	Хош иіс	Тұрақтылық	Түс	Жалпы баға
100 г	Әлсіз сығылған, қышқыл сүт, жеңіл көкөніс дәмі бар	Әлсіз, сүтті хош иіс басым	Біртекті, бірақ қалыңдығы аз	Ашық қызғылт сары, бозғылт	Дәмі жеткіліксіз, хош иісі әлсіз
200 г	Оңтайлы теңгерімді, орташа қышқылдық, жағымды тәтті реңк	Сүт-көкөніс хош иісі, жағымды	Қалың, нәзік және біртекті	Ашық қызғылт сары, тартымды	Жақсы органолептикалық қасиеттер
300 г	Асқабақ пен сәбіздің тым айқын дәмі, көкөніс дәмі басым	Күшті көкөніс хош иісі, сүтті нотаны басады	Тым қою, аздап тұтқыр	Қою қызғылт сары	Көкөністердің тым басым дәмі тепе-теңдікті нашарлатады

Тағамдық құндылықты талдау. 200 г асқабақ-сәбіз пюресі қосылған соя мен сиыр сүтіне негізделген йогурттың тағамдық құндылығын талдау келесі нәтижелерді көрсетті (2-кесте).

Энергия құндылығы (калориялық құрамы). Энергия құндылығы қолданылатын сүт пен қоспаларға байланысты. Шамамен есеп бойынша:

- Сиыр сүті (3,2% май) – 100 мл-ге 60 ккал;
- Соя сүті (қантсыз) – 100 мл-ге 40-50 ккал;
- Асқабақ-сәбіз пюресі – 100 г-ға шамамен 38-40 ккал;
- Йогурт бастапқысы (айтарлықтай калория қоспайды);
- Калориялық құрамы (дайын өнімнің 100 г-на): 60-65 ккал.

Кесте 2

Ақуыздар, майлар, көмірсулар (АМК)

Құрамдас бөлік	Ақуыздар (г)	Майлар (г)	Көмірсулар (г)
Сиыр сүті (500 мл)	15,0	15,0	23,5
Соя сүті (500 мл)	16,5	10,0	6,0
Асқабақ-сәбіз пюресі (200 г)	2,0	1,0	47,5
Дайын өнім	33,5	26,0	77,0

Бақылау сынамасымен салыстырғанда, 200 г асқабақ және сәбіз пюресі қосылған соя және сиыр сүтінен жасалған йогурттағы дәрумендердің, минералдардың және талшықтардың мөлшерін талдау.

200 г асқабақ және сәбіз пюресін қосу β-каротиннің (провитамин А), С дәруменінің, талшықтың, калийдің және магнийдің мөлшерін арттырады. Қоспасыз йогурт негізінен В дәрумендерін, кальций мен ақуызды қамтиды.

Соя (50%) және сиыр (50%) сүтінің қоспасынан жасалған йогурт біріктіреді: сиыр сүтінде – кальций, фосфор және В дәрумендері көбірек; соя сүтінде – темір, магний, Е дәрумені және өсімдік ақуыздары көбірек.

200 г асқабақ және сәбіз пюресін қосу өнімді β-каротинмен (провитамин А), С дәруменімен, талшықпен, калиймен және магниймен байытады (3-кесте).

Кесте 3

200 г асқабақ-сәбіз пюресі қосылған және онсыз (100 г йогуртқа) 500 мл соя мен 500 мл сиыр сүтінің қоспасы негізінде йогурттағы дәрумендердің, минералдардың және талшықтардың құрамын салыстырмалы талдау

Көрсеткіштер	Йогурт (сүт қоспасы) пюресіз	200 г пюре қосылған йогурт (сүт қоспасы)
Энергетикалық құндылығы (ккал)	~60	~65
Ақуыздар (г)	~3,5	~3,5
Май (г)	~2,7	~2,5
Көмірсулар (г)	~4,0	~5,5
А дәрумені (мкг)	20	870 (β-каротин)
С дәрумені (мг)	0	5-7
В1 дәрумені (мг)	0,1	0,12
В2 дәрумені (мг)	0,2	0,22
В6 дәрумені (мг)	0,08	0,1
Е дәрумені (мг)	0,25	0,5
Кальций (мг)	85	80
Калий (мг)	165	300
Магний (мг)	18	30
Фосфор (мг)	72	78
Темір (мг)	0,7	1,2
Талшық (г)	0	1,7

Осылайша, 200 г асқабақ пен сәбіз пюресін қосу β-каротиннің (провитамин А) мөлшерін 40 еседен астамға, С дәруменін 5-7 есеге, Е дәруменін шамамен 2 есеге, талшықтарды, калий мен магнийді 2-2,5 есеге арттырады, бұл өнімді көру, иммунитет және ас қорыту үшін пайдалы етеді.

Соя мен сиыр сүтінің қоспасы қоректік заттардың тепе-теңдігін жасайды: таза сиыр сүтімен салыстырғанда темір, магний және Е дәрумені көбірек; таза соя сүтіне қарағанда кальций мен В дәрумендері көбірек.

Пюресі жоқ йогурттың құрамында талшықтар, А және С дәрумендері аз, бірақ құрамында таза ақуыз көп және дәмі тәтті емес.

Тағамдық құндылығы жағынан ең жақсы нұсқа – 200 г асқабақ пен сәбіз пюресі бар йогурт, себебі оның құрамында дәрумендер мен минералдар көп, әсіресе денсаулыққа пайдалы.

Йогурт үлгілерінің микробиологиялық талдаулары. Микробиологиялық талдаулар әрбір үлгідегі бактериялар саны үшін граммдағы колония түзуші бірліктердің логарифмі (log CFU/г) ретінде көрсетілді. Микробиологиялық талдаулар 500 мл соя сүті мен 500 мл сиыр сүтінің қоспасынан және 200 г асқабақ-сәбіз пюресі қосылған йогурттың кем дегенде 1 сақтау кезеңінің басынан (0 уақыт) сақтау кезеңінің соңына дейін бактериялар санының 6 log (CFU/г) тіршілік ету қабілетін сақтағанын көрсетті (4-кесте).

Кесте 4

4 ± 1°С температурада сақталған йогурт үлгілеріндегі бактериялардың жалпы саны

Үлгілер	Сақтау күндері		
	1	7	14
Бақылау	7,8	7,2	7,5
Эксперименттік	8,1	6,5	6,9

Деректерден көрініп тұрғандай, 1-күні тәжірибелік үлгіде мөлшері жоғары болады (8,1 log КТБ/г), бірақ 14-күнге қарай олардың концентрациясы екі үлгіде де төмендейді, бірақ пюре үлгісінде жоғары болып қалады (6,9 log КТБ/г). Көкөніс пюресі алғашқы 7 күнде пайдалы сүт қышқылы бактерияларының өсуіне ықпал етеді, бұл йогурттың пробиотикалық қасиеттеріне оң әсер етеді.

Қорытынды. Сүт-көкөніс йогуртының құрамында талшық мөлшерінің жоғарылауы, А және С дәрумендерінің деңгейі жоғары болуы және дәстүрлі йогуртпен салыстырғанда антиоксиданттық белсенділіктің жақсаруы байқалды. Көкөністердің қосылуы ішек денсаулығына пайдалы қосымша биоактивті қосылыстар берді.

Сүт-көкөніс йогуртын әзірлеу функционалды сүт өнімдеріндегі перспективалы инновация болып табылады. Бұл құрам тек тағамдық құндылығын жақсартып қана қоймай, сонымен қатар пробиотикалық тұрақтылықты және тұтынушылардың қабылдауын сақтайды [9,10].

Сүт-көкөніс йогурты – дәстүрлі йогурттың кілегейлі құрылымы мен пробиотикалық артықшылықтарын көкөністерде кездесетін дәрумендермен, минералдармен және антиоксиданттармен біріктіретін гибридті сүт өнімі. Бұл инновациялық өнім пастерленген сүтті, соя мен сиыр сүтін, көкөніс пюресімен араластыру арқылы жасалады, нәтижесінде қоректік заттарға бай, дәмді және функционалды тағам алынады.

Әдебиеттер тізімі

1. Kanareykin V.I., Rebezov M.B., Bikbova R.A. Novyĭ funktsional'nyĭ molochno-rastitel'nyĭ iogurt [New functional milk-vegetable yogurt] // Actual Problems of Intensive Livestock Development. – 2016. – No. 19 (2). – P. 255-260. [in Russian].
2. Lima Nascimento L.G. et al.Combination of Milk and Plant Proteins to Develop Novel Food Systems: What Are the Limits? // Foods. – 2023. – Vol. 12. – No. 12. – P. 2385.
3. Sukhikh S. et al. Functional dairy products enriched with plant ingredients // Foods and Raw materials. – 2019. – Vol. 7. – No. 2. – P. 428-438.
4. Mckinley M. The nutrition and health benefits of yogurt // International Journal of Dairy Technology. – 2005. – Vol. 58. – P. 1-12.
5. Rashwan A.K., Osman A.I., Chen W. Natural nutraceuticals for enhancing yogurt properties: a review // Environmental Chemistry Letters. – 2023. – Vol. 21. – P. 1907-1931.
6. Soumya M.P. et al. Physico-chemical and organoleptic evaluation of probiotic plant-milk yogurt-type beverages as a functional alternative to dairy yogurts //Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. – 2024. – Vol. 57. – P. 103060.
7. Almghawesh E., Slik S., Okkou H. Processing of Functional Yoghurt-Like Product from Soymilk Supplemented by Probiotics //International Journal of Food Science. – 2022. – Vol. 2022. – No. 1. – P. 5898537.
8. Farinde E. O. et al. Chemical and microbial properties of yogurt processed from cow's milk and soymilk //Journal of food processing and preservation. – 2009. – Vol. 33. – No. 2. – P. 245-254.
9. Baskar N. et al. Development of plant-based yogurt // Foods and Raw materials. – 2022. – No. 2. – P. 274-282.
10. Vijaya Kumar B., Vijayendra S.V.N., Reddy O.V.S. Trends in dairy and non-dairy probiotic products-a review //Journal of food science and technology. – 2015. – Vol. 52. – No. 10. – P. 6112-6124.

Материал редакцияға 29.04.25 түсті, 20.10.25 қабылданды.

З.Т. Нурсеитова[1], А.К. Джанмулдаева[1], Г.Ж. Нурынбетова[1], Б.Ж. Мулдабекова[2], М.С. Шерова[1], М.А. Якияева[2]

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

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЙОГУРТА НА ОСНОВЕ КОРОВЬЕГО И СОЕВОГО МОЛОКА С ОВОЩНЫМИ ДОБАВКАМИ

Аннотация. Рост интереса к здоровому образу жизни и функциональным продуктам питания стимулирует разработку инновационных продуктов в сегменте молочной промышленности, включая функциональные йогурты. В рамках данного исследования была поставлена цель – создать и оценить функциональный йогурт, основанный на сочетании коровьего и соевого молока с добавлением овощных ингредиентов, богатых биологически активными веществами. Основные направления работы включали подбор оптимального состава смеси молок, выбор пробиотических культур и определение наиболее подходящих овощных добавок для обогащения продукта. Исследование имеет как научное, так и прикладное значение, так как позволяет расширить ассортимент функциональных продуктов питания с улучшенным питательным профилем и потенциальной пользой для здоровья. Методология включала приготовление экспериментальных образцов йогурта с использованием заквасок на основе видов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, а также добавление овощей (морковь, тыква) в различных пропорциях. Оценивались питательная ценность, жизнеспособность пробиотических культур, органолептические характеристики и стабильность продукта в процессе хранения. Результаты показали, что полученный молочно-растительный йогурт обладает высокой питательной ценностью, стабильной пробиотической активностью и хорошей сенсорной приемлемостью. Продукт может рассматриваться как функциональная альтернатива традиционному йогурту, способная удовлетворить запросы потребителей, стремящихся к здоровому питанию.

Ключевые слова: функциональный йогурт, соевое молоко, овощная масса, пробиотики, молочно-растительная смесь, биоактивные соединения, пищевые инновации.

Z.T. Nurseytova[1], A.K. Dzhanmuldaeva[1], G.Zh. Nurynbetova[1], B.Zh. Muldabekova[2], M.S. Cherova[1], M.A. Yakiyayeva[2]

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

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF YOGURT BASED ON COW AND SOY MILK WITH VEGETABLE ADDITIVES

Abstract. The growing interest in a healthy lifestyle and functional foods has driven the development of innovative products in the dairy industry, including functional yogurts. This study aimed to develop and evaluate a functional yogurt based on a combination of cow's milk and soy milk, enriched with vegetable ingredients rich in biologically active compounds. The main objectives included optimizing the milk blend composition, selecting appropriate probiotic cultures, and identifying suitable vegetable additives to enhance the nutritional and functional value of the product. The study holds both scientific and practical relevance by expanding the range of functional food products with improved nutritional profiles and potential health benefits. The methodology involved preparing experimental yogurt samples using *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*-based starter cultures, along with the addition of vegetables such as carrot and pumpkin in various proportions. Nutritional value, probiotic viability, sensory characteristics, and product stability during storage were evaluated. The results demonstrated that the resulting dairy-plant yogurt possessed high nutritional value, stable probiotic activity, and good sensory acceptability. The product can be considered a functional alternative to traditional yogurt, meeting the demands of health-conscious consumers.

Keywords: functional yogurt, soy milk, vegetable mass, probiotics, milk-vegetable mixture, bioactive compounds, food innovations.

ҒТАМР 65.63.03 : 65.09.03

Т.Ч. Тултабаева[1] – *негізгі автор*,
Г.Н. Жакупова[2], Қ.Қ. Макангали[3],
А.Е. Шоман[4], А.Х. Мулдашева[5],
А.Т. Сағандық[6], А.Т. Ахметжанова[7], Қ.Ш. Даирова[8]

[1]Техн. ғылым. д-ры., профессор, [2]Техн. ғылым. канд., профессор,
[3]PhD, ассоц. профессор, [4,5]PhD, [6]Докторант, [7,8]Магистр

ORCID
[1]https://orcid.org/0000-0003-2483-7406 [2]https://orcid.org/0000-0001-7714-4836
[3]https://orcid.org/0000-0003-4128-6482 [4]https://orcid.org/0000-0002-7844-8601
[5]https://orcid.org/0000-0003-0116-0260 [6]https://orcid.org/0000-0001-5480-933X
[7]https://orcid.org/0009-0002-2584-654X [8]https://orcid.org/0009-0006-4487-4625

[1,2,3,5,6,7,8]С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан
[4]Астана IT Университеті, Астана, Қазақстан

@ *[6]assema.bukeyeva@gmail.com*

©

https://doi.org/10.55956/KFMS7576

ЕШКІ СҮТІН СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУДІҢ НЕГІЗІ РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Адам денсаулығының жағдайы көбінесе экологиялық, әлеуметтік және басқа факторлардың әсерінен бұзылатын тағамның сапасына, деңгейіне және құрылымына байланысты. Көптеген негізгі және кіші компоненттері бар күрделі химиялық жүйелер болып табылатын тамақ өнімдері ағзаға әртүрлі физиологиялық әсер етеді. Бұл дене функцияларының бұзылуының алдын алу мақсатында тамақтану рационын қолдануға мүмкіндік береді. Соңғы кездері сиыр сүтіне төзбеушілігі бар адамдар санының өсуі байқалды, бұл балама көздерді іздеуді қажет етеді. Осындай алмастырғыштардың бірі – тағамдық құндылығы жоғары және арнайы мақсаттағы өнімдерді, соның ішінде балалар тағамын өндіруде қолданылатын ешкі сүті. Негізінде, әлемдік тәжірибеде ешкі сүті негізінен ірімшік жасау үшін шикізат ретінде қарастырылды. Алайда, функционалды тамақ өнімдерін құру контекстінде оның технологиялық қасиеттерін зерттеуге бағытталған ғылыми зерттеулер жеткіліксіз болып келеді. Ұсынылған мақалада ешкі сүті мен майсыздандырылған сиыр сүтінің физика-химиялық құрамын зерттеу нәтижелері көрсетілген, функционалды сүт қышқылды өнімдерінің технологиясын жасауда сүттің осы түрлерін пайдалану мүмкіндігі зерттелген.

Тірек сөздер: ешкі сүті, сүтқышқылды өнімдер, майсыздандырылған сиыр сүті, функционалды өнімдер.

Тултабаева, Т.Ч. Ешкі сүтін сүтқышқылды өнімдерін өндірудің негізі ретінде қолдану [Мәтін] / Т.Ч. Тултабаева, Г.Н. Жакупова, Қ.Қ. Макангали, А.Е. Шоман, А.Х. Мулдашева, А.Т. Сағандық, А.Т. Ахметжанова, Қ.Ш. Даирова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.65-76. https://doi.org/10.55956/KFMS7576

Кіріспе. Қазақстан Президенті Қасым-Жомарт Тоқаевтың жолдауында агроөнеркәсіптік кешенді (АӨК) және тамақ өнеркәсібін дамытуға ерекше көңіл бөлінеді. Негізгі міндеттердің бірі – үш жыл ішінде өңделген өнімнің

үлесін 70%-ға дейін арттыру. Бұл шикізат экспортынан біртіндеп кетуді және ауылшаруашылық шикізатын терең өңдеуге көшуді қамтиды, бұл өз кезегінде заманауи технологияларды енгізуді және екіншілік сүт өнімдерін тиімдірек пайдалануды талап етеді [1].

Қазіргі жағдайда денсаулықты сақтауға және аурулардың алдын алуға ықпал ететін функционалды тамақ өнімдерін жасауға бағытталған технологияларды әзірлеуге және енгізуге ерекше назар аударылады. Сүт өнеркәсібінің басым бағыттарының бірі – денені маңызды қоректік заттармен қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар емдік-профилактикалық қасиеттерге ие сүт қышқылды өнімдерін өндіру. Атап айтқанда, ақуызы жоғары, майы аз және биохимиялық құрамы жақсартылған өнімдерді әзірлеу өзекті міндет болып табылады. Нарықтағы сүт өнімдерінің кең ассортиментіне қарамастан, қант диабеті және лактозаға төзбеушілігі бар науқастарды қоса алғанда, арнайы диеталық қажеттіліктері бар адамдарға арналған арнайы өнімдер жетіспейді [2].

Сондай-ақ, сары майдың өсіп келе жатқан өндірісі ерекше назар аударуға тұрарлық, бұл сөзсіз іркіт майсу - құнды жанама өнімнің көлемінің ұлғаюына әкеледі.

Іркіт – дамыған елдерде табиғи және диеталық сүт қышқылды сусындарын өндіру үшін белсенді қолданылатын перспективалы шикізат. Оның химиялық құрамы майсыз сүттен айтарлықтай ерекшеленеді, өйткені оның құрамында 10 есе көп ұсақ дисперсті сүт майы бар, сонымен қатар организмнің метаболизм процестеріне қажетті фосфолипидтердің концентрациясын жоғарылатуда қатысады [3].

Қазақстанда соңғы жылдары май өндіру көлемінің айтарлықтай өсуі байқалады, бұл өнім шығарудың 2023 жылмен салыстырғанда 2024 жылы 4,7%-ға ұлғаюымен байқалады [4].

Майды кілегейді былғау әдісімен дайындаған кезде оған фосфолипидтердің аз бөлігі (0,76-0,87%), ал іркітке – үлкен бөлігі (1,66-1,70%) өтеді. Сонымен қатар, жоғары майлы кілегейді түрлендіру әдісі майды фосфолипидтермен байытуға мүмкіндік береді (1,56%), ал іркіт майсуда олардың мөлшері азаяды (0,97%) [4].

Зерттеудің мақсаты ешкі сүті мен майсыз сиыр сүтін қолдану негізінде сүт қышқылды өнімдерінің технологиясын әзірлеу.

Функционалды сүт қышқылды өнімдерін дамытудың маңызды аспектісі – сапалы сүт шикізатын таңдау. Перспективалы нұсқалардың бірі – ешкі сүті, оны өңдеуге құнды ететін бірқатар ерекше қасиеттері бар. Сиыр сүтінен айырмашылығы, оның құрамында β-казеин 3 есе көп болуы және ұйыту кезінде жұмсақ, оңай сіңетін қойындының пайда болуына ықпал етеді. Бұл йогурт, айран және ряженка сияқты сүт қышқылды өнімдерінің құрылымын жақсартады [5].

Сондай-ақ, ешкі сүті кальций, магний, фосфор және В дәрумендерінің жоғарылауымен сипатталады, бұл оны сүйек тінін нығайтуға және жүйке жүйесін қолдауға арналған функционалды тағамдар үшін таптырмас компонент етеді [6]. Еуропа мен Азия елдерінде ешкі сүтіне негізделген сүт қышқылды сусындары жоғары сіңімді және аллергиялық реакциялар қаупі төмен тағам ретінде белсенді қолданылады. Қазақстанда өнімнің бұл сегменті әлі жеткілікті дамымаған, бұл оны одан әрі зерделеу және енгізу үшін перспективалы етеді.

БҰҰ Азық-түлік және ауылшаруашылық ұйымының (ФАО) мәліметтері бойынша ешкілер әлемнің 170 елінде өсіріледі. Әлемдік ешкі санының шамамен 95%-ы Азияда орналасқан. Ешкі шаруашылығын дамытудағы ең перспективті елдердің ішінде Қытай (149 091,4 мың бас), Пәкістан (70 300,0 мың бас), Үндістан (133 874,6 мың бас), Түркия (10 416,2 мың бас), Иран (19100,0 мың бас) саналады [7]. Ешкі сүті Африкада, әсіресе ауыл шаруашылығының даму деңгейі төмен елдерде (Нигерия, Эфиопия, Кения) өңделеді. Бұл саладағы еуропалық көшбасшылар Франция мен Голландия болып табылады, дегенмен пайдаланылған тұқымдардың көпшілігі Швейцарияда өсіріледі. Қазақстанда Ешкі шаруашылығы ең аз дамыған мал шаруашылығы саласы болып табылады [8]. Ешкі сүтінен жасалған сүт өнімдерінің ең ірі өндірушісі – ешкі сүтінен жасалған сүт өнімдерінің кең ассортиментін шығаратын «Зеренді» ПХ.

Ешкі сүтінің минералды құрамы жоғары биожетімділігімен ерекшеленеді. Оның құрамында 100 мл-ге 121 мг кальций бар, бұл ана сүтінен 4,6 есе (26 мг/100 мл) және сиыр сүтінен 1,4 есе (87%) жоғары. Сондай-ақ, фосфордың мөлшері ана сүтіне қарағанда 6,5 есе, ал сиыр сүтіне қарағанда 1,4 есе көп, сонымен қатар натрий, магний және калийге бай. Бұл дайын өнімнің тағамдық құндылығын жақсартады және оны сүйек тінін нығайтуға пайдалы етеді [9].

1-кестеде негізгі қоректік компоненттер бойынша ешкі, сиыр және ана сүтінің құрамы көрсетілген.

Кесте 1

Ешкі, сиыр, ана сүтінің құрамы [10]

Көрсеткіштер	Ешкі сүті	Сиыр сүті	Ана сүті
Жалпы ақуыз, г/100мл	3,3	3,4	0,9
Казеин, %	83	83	27
Сарысу ақуызы, %	17	17	73
Лактоза, г/100 мл	4,1	4,5	6,5
Олигосахаридтер, г/л	0,3	0,06	12
Жалпы май, г/100 мл	3,5	3	3,4
Қаныққан май қышқылдары, %	66,9	62,8	28,9
Орташа тізбекті триглицеридтер, %	18,6	12,8	4,7
Моноқанықпаған май қышқылдары, %	23,6	25,2	20,6
Полиқанықпаған май қышқылдары, %	9,4	12	50,5
Кальций, мг/100мл	121	87	26
Фосфор, мг/100мл	104	76	16

1-кестеде келтірілген сипаттамаларға байланысты ешкі сүті сүт қышқылды өнімдерін өндіру үшін тамаша таңдау болып табылады. Ол жоғары қоректік құндылықты, оңай сіңетін майларды, жақсартылған құрылымды, сондай-ақ, пребиотикалық қасиеттерді қамтамасыз етеді, бұл дайын өнімді дәмді ғана емес, сонымен қатар денсаулыққа пайдалы әсерін тигізеді [10,11].

Осылайша, ешкі сүті жеңіл сіңімділігінің, теңдестірілген ақуыз құрамының және жоғары тағамдық құндылығының арқасында сүтқышқылды өнімдерді өндіру үшін құнды шикізат болып табылады. Оны пайдалану өнімнің функционалдық қасиеттерін жақсартуға және пайдалы тағамдардың ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Май өндірісінде өндірілетін айранды ұтымды пайдалану сүт өнеркәсібінде маңызды рөл атқаратыны анықталды. Бұл жанама өнім ақуыздарға, фосфолипидтерге және ұсақ сүт майына бай, бұл оны функционалды сүтқышқылды сусындарды жасау үшін құнды ингредиент етеді [12]. Осыған қарамастан, Қазақстанда бүгінгі күні ешкі сүтінен жасалған сүт өнімдері кең таралмаған және нарықта шектеулі ассортиментте ұсынылған, ал іркітті қайта өңдеу жеткілікті дамымаған, ал едәуір бөлігі пайдаланылмаған күйінде қалады немесе шектеулі көлемде қолданылады.

Сондықтан, бұл зерттеудің негізгі міндеті ешкі сүті, майсыздандырылған сиыр сүті және екіншілік шикізат – іркіт негізінде жаңа сүтқышқылды өнімдерді жасау болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштерді зерттеу С. Сейфуллин атындағы ҚазАТЗУ университетінің сүт және сүт өнімдерін қайта өңдеу жөніндегі өндірістік-эксперименттік цехының базасында, сондай-ақ «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының ғылыми зертханасында нормативтік құжаттарға сәйкес жалпы қабылданған зерттеу әдістерін пайдалана отырып жүргізілді. Зерттеу нысандары заанен тұқымының ешкі сүті және симментальды сиырлардың майсыздандырылған сүті болып табылады.

Зерттеу барысында жүргізілген негізгі физика-химиялық талдаулар төменде сипатталған:

– Сүттің титрленетін қышқылдығы МЕМСТ 3624-92 «Сүт және сүт өнімдері. Титриметриялық қышқылдықты анықтау әдістері» бойынша анықталды [13].

– Сүттегі лактозаның массалық үлесі МЕМСТ 34304-2017 бойынша рефрактометриялық әдіспен ИРФ-454 20043951 рефрактометрінің көмегімен анықталды [14].

– Ақуыздың массалық үлесі МЕМСТ 25179-2014 «Сүт және сүт өнімдері. Ақуыздың массалық үлесін анықтау әдістері» бойынша анықталды [15].

– Тығыздық МЕМСТ Р 54758-2011 «Сүт және сүт өңдеу өнімдері. Тығыздықты анықтау әдістері» бойынша анықталды [16].

– Ақуыздардың, майлардың және құрғақ заттардың массалық үлесі спектрлік диапазон 11500-4000 $см^{-1}$ сұйық және қатты материалдарды талдау үшін FT-NIR жақын инфрақызыл Tango bruker зертханалық спектрометрінің көмегімен анықталды.

– Органолептикалық көрсеткіштерді МЕМСТ 28283-2015 «Сиыр сүті. Дәм мен иісті органолептикалық бағалау әдісі» бойынша анықтады. [17].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Сүт қышқылды өнімдерінің технологиясын әзірлеу үшін шикізатқа физикалық-химиялық талдау жүргізіліп, заанен ешкілерінің ешкі сүті мен симментальды сиырлардың майсыз сүтінің органолептикалық көрсеткіштері анықталды. Ешкі сүтінің құрамына қатысты ерекше сипаттамалар оның тағамдық құндылығы сиыр сүтіне қарағанда айтарлықтай жоғары екенін білдіреді. Ешкі сүтінде ақуыз бен майдың мөлшері жоғары, және аз мөлшерде лактоза бар. Әдеби зерттеудің нәтижелері ешкі сүтіндегі май глобулаларының мөлшері сиыр сүтіне қарағанда 2-3 есе аз екенін көрсетті (2-4 мкм-ге қарсы 0,1-2 мкм) [18].

Зерттеу Солтүстік Қазақстанның жайылымдарында ұсталатын заанен ешкілері мен симменталь сиырларының сүтінде жүргізілді. Талдауда жылдың әртүрлі маусымдарындағы – көктемдегі, жаздағы және күздегі майдың көрсеткіштері, ақуыздың мөлшері және тығыздық зерттелді. Суық мезгілде ешкі сүтінің табиғи төмендеуіне байланысты қыс мезгілі қамтылмаған [19,20].

Жүргізілген зерттеулер негізінде заанен ешкілері мен сиырлардың майсыз сүтінің құрамы 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

Ешкі сүті мен майсыздандырылған сүттің химиялық құрамы

Көрсеткіштер	Ешкі сүті	32940-2014 МЕМСТ бойынша	Майсыздан-дырылған сиыр сүті	31658-2012 МЕМСТ бойынша
СОМО, %, кем емес	8,25	8,2	8,5	8,4
Майлылық, %, кем емес	3,39	3,2	0,1	0,5
Лактоза, %, кем емес	4,12	4,1	4,5	4,7
Ақуыз мөлшері, %, кем емес	3,35	2,8	2,8	2,8
Титрленетін қышқылдық, °Т	17,05	14-21	18,0	16-21
Тығыздық, кг/м³	1028,0	1027,0-1030,0	1030,0	1027,0-1030,0

Келтірілген нәтижелер 2-кесте бойынша зерттелетін майсыздандырылған сиыр сүті МЕМСТ 31658-2012 талаптарына сәйкес келеді деген қорытынды жасауға болады. Майсыздандырылған сүт қалдықтарының құрамы бойынша 8,4% болады, бұл ақуыздардың, лактозаның және минералдардың тепе-теңдігін растайды. Майлылық көрсеткіші 0,5%-дан аспайтын майсыздандырылған сүт үшін нормативтік мәндерге сәйкес келеді. Оған қоса, жүргізілген талдау нәтижелері бойынша ешкі сүтінің негізгі көрсеткіштері – СОМО (8,25%), майлылық (3,39%), лактоза (4,12%), ақуыз мөлшері (3,35 %), титрленетін қышқылдық (17,05°Т) және тығыздығы (1028,0 кг/м³) – 32940-2014 МЕМСТ талаптарына толық сәйкес келеді. Осылайша, барлық негізгі физика-химиялық сипаттамалар белгіленген стандарттарға сәйкес келеді, бұл майсыздандырылған сиыр сүтінің және ешкі сүтінің тиісті сапасын көрсетеді.

Ешкі сүтіндегі ақуыздардың мөлшері 2-кестеде көрсетілгендей, (3,35%) сиыр сүтіндегі ақуыздардан (2,8%) 1,2%-ға артық. Сондай-ақ, ана сүтіне қарағанда 3,7% артық (0,9 г/100 мл). Фенивессидің зерттеулері бойынша ешкі сүтінің ақуызы анағұрлым құнды, одан кейін қой мен сиыр сүтінің ақуызы [21].

Ешкі сүті нәрестелерге арналған құрғақ сүт қоспасын өндіруге қолайлы шикізат болып табылады, өйткені оның құрамында нуклеотидтер, бос аминқышқылдары және полиаминдер сияқты биологиялық белсенді қосылыстар бар, олар әйел сүтіндегі концентрацияға ұқсас [22].

Заанен ешкілерінің сүті ақуыз бен лактозаның жоғары мөлшерімен сипатталады, бұл оны тағамның белгілі бір санаттары үшін қолайлы етеді. Казеиннің жоғары деңгейінің арқасында ол тығыз, бірақ нәзік қойылтпаның пайда болуына ықпал етеді, бұл әсіресе йогурт, айран және жұмсақ ірімшіктер өндірісінде маңызды. Сонымен қатар, лактозаның жоғарылауы сүт қышқылды микроорганизмдердің ұйытуын күшейтеді, ферменттеу процесін

жылдамдатады және сүтқышқылды өнімдердің органолептикалық қасиеттерін жақсартады [23].

Заанен 3-кестеде ешкілері мен симментальды сиырлардың сүтінің органолептикалық көрсеткіштері келтірілген.

Кесте 3

Ешкі сүтінің және майсыздандырылған сиыр сүтінің органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Ешкі сүті	Майсыздандырылған сиыр сүті
Консистенциясы	Тұнба мен қабыршақсыз біртекті сұйықтық	Тұнба мен қабыршақсыз біртекті сұйықтық
Дәмі және иісі	Ешкі сүтіне тән, бөтен дәм мен иіссіз	Таза, бөтен дәм мен иіссіз. Азықтық дәм мен иіске жол беріледі. Майсыздандырылған пастерленген сүтке пастерленген сүтке тән дәмге рұқсат етіледі
Түсі	Сұр немесе көкшіл реңктері бар ақ	Сәл көкшіл реңкі бар ақ

Органолептикалық көрсеткіштер ешкі сүті сұр және көкшіл реңкі бар ақ түсті екенін көрсетеді. Зерттеулерге сәйкес, бұл – ешкі сүтінде сиыр сүтіне қарағанда А дәрумені көп болғандықтан, сүттегі барлық β-каротин толығымен А дәруменіне айналады, бұл сүтке таза ақ реңк береді [24].

Маусымға байланысты сүттің химиялық құрамындағы өзгерістер қосымша бағаланды, бұл жайылым мен қораның оның сапалық сипаттамаларына әсерін ескеруге мүмкіндік береді. Нәтижелер ешкі сүтін өңдеу технологияларын әзірлеу және оңтайлы қасиеттері бар функционалды сүтқышқылды өнімдерді жасау үшін маңызды.

Жыл мезгіліне байланысты 4-кестеде май мен ақуыздың массалық үлесі көрсетілген.

Кесте 4

Жыл мезгіліне байланысты ешкі сүтінің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштері	Көктем мезгілінде	Жаз мезгілінде	Күз мезгілінде	Орташа белгісі
Майдың массалық үлесі, %, кем емес	4.52	5.14	5.46	5.04
Тығыздық, кг/м³	1028,0	1028,0	1029,0	1028,33
Ақуыздың массалық үлесі, %, кем емес	2,77	3,17	4,20	3,38

4-кесте бойынша заанен ешкілерінің сүтінде көктемнен (4,52%) күзге дейін (5,46%) майдың 82,8%-ға мезгілдік артуы байқалады, бұл оны күз мезгілінде сүт қышқылды өнімдерін өндіру үшін құнды шикізатқа айналдырады. Ешкі сүтінің майлылығы жыл мезгіліне байланысты өзгереді, оған жемнің сапасы, климаттық жағдайлар және жануарлардың физиологиялық жағдайы әсер етеді. Көктемде (4,52%) майлылық әдетте төмен болады, өйткені жаңа шыққан шөптерде ылғал мөлшері басым, ал сүт майын синтездеуге қажетті құрылымдық көмірсулар аз болады. Жазда (5,14%) бұл көрсеткіш тұрақтанады, өйткені шөптердің сыртқы қабаты дөрекі болады, талшық мөлшері артады, бұл ешкі организмінде ұшпа май қышқылдарының пайда болуына ықпал етеді. Күзде (5,46%) шөп пен дәнді

дақылдарға және құнарлы жемге ауысу арқылы, сондай-ақ сүтті сауудың азаюына байланысты май мөлшері артады, бұл қоректік заттардың концентрациясын арттырады. Май сүт қышқылды өнімдерін өндірудің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады, өйткені ол өнімге қанықкан дәм беріп, құрылымын жақсартуға және өнімнің энергетикалық құндылығын арттыруға жауап береді [25]. Бұл тағамдық құндылығы жоғары және май мен ақуыздың теңдестірілген құрамды йогурт пен айран сияқты функционалды сүт қышқылды өнімдерін жасауға мүмкіндік береді.

Заанен ешкілерінің сүтіндегі ақуыз мөлшері күзде айтарлықтай артып, 4,20% жетеді. Ақуыздың, әсіресе казеиннің көбеюі ешкі сүтін ірімшіктер сияқты ұюы жоғары тағамдарды өндіруге қолайлы етеді. Казеинге бай функционалды ашытылған сүт өнімдері қалың және кремді құрылымға ие, бұл оларды ас қорытуды жақсартуға арналған пробиотиктер мен пребиотиктер бар тағамдар үшін өте қолайлы етеді [26].

Заанен ешкілері мен симментальды сиырлардың сүт тығыздығы жыл мезгіліне байланысты өзгереді. Күзгі кезеңде екі тұқымның да сүт тығыздығы артады, бұл осы кезеңдегі шикізаттың жоғары сапасын көрсетеді, әсіресе сүт қышқылды өнімдерін өндіру үшін қолайлы жағдай жасайды.

Осы көрсеткіштер ұйыту кезінде сүттің тұрақтылығына әсер етеді, және біркелкі де, сапалы йогурт пен айран өндіруде ықпалын тигізеді. Сүттің жоғары тығыздығы өнімнің құрылымын жақсартады, оны қанықтырады және өнімді жақсы сақтауға ықпал етеді.

Тығыздығы мен ақуыз мөлшерінің жоғарылауына байланысты заанен ешкілерінің сүті ұйыту процестеріне төзімді болып келеді. Бұл функционалды сүт қышқылды өнімдерін өндірудің тиімділігін арттырады және сарысудың бөлінуі мен тұнбаның пайда болу мүмкіндігін азайтады.

Заанен ешкілерінің сүтіндегі жоғары май және ақуыз мөлшері оны энергетикалық құндылығы жоғары функционалды сүт қышқылды өнімдерін жасауға тамаша негіз етеді. Мұндай өнімдер балаларға, егде жастағы адамдарға, спортшыларға және физикалық белсенділігі жоғары адамдарға пайдалы болады, өйткені олар ұзақ уақыт қанықтылық пен жақсы сіңімділікті қамтамасыз етеді.

Заанен ешкілерінің сүтінен, әсіресе, күзгі кезеңде сауылған сүттен жасалған өнімдер казеиннің жоғарылауына байланысты пайдалы қасиеттерін ұзақ сақтай алады. Казеин аминқышқылдарының біртіндеп бөлінуін қамтамасыз ету арқылы ұзақ ас қорытуға ықпал етеді. Мұндай тағамдарды тұтыну диеталық және емдік тамақтану үшін, сондай-ақ жаттығудан кейін қалпына келтіру үшін тамаша әсерін тигізеді.

Заанен ешкілерінің сүті йогурт, айран және пробиотикалық сусындар сияқты функционалды сүт қышқылды өнімдерін өндіруге арналған жоғары технологиялық және тағамдық сипаттамаларға ие. Ешкі сүтіндегі майдың, ақуыздың және тығыздықтың жоғары мөлшері құрылымы, дәмі және тағамдық құндылығы жақсартылған тағамдарды өндіруге мүмкіндік береді [27,28].

Қорытынды. Қорытындылай келе, ешкі сүтінің құрамы ақуызға бай екені анық байқалады, оның ақуыз мөлшері 3,35%, бұл сиыр сүтіндегі көрсеткіштен шамамен 1,2% жоғары. Сондай-ақ, ана сүтімен салыстырғанда ешкі сүтіндегі ақуыз мөлшері орта есеппен 3,7% артық.

Осы деректерге сүйене отырып, ешкі сүтіне, майсыздандырылған сиыр сүтіне және іркітке негізделген функционалды сүт қышқылды өнімдер өндіру сүт өнеркәсібі үшін өзекті бағыт болып табылады. Бұл зерттеу құрамын

жақсартылған, тағамдық құндылығы жоғары байытылған сүт қышқылды сусындар дайындау мақсатында аталған компоненттерді қолдану мүмкіндігін қарастырады.

Алынған нәтижелер тұтынушылардың денсаулығын қолдауға, әлеуметтік маңызы бар аурулардың алдын алуға, сондай-ақ қолда бар шикізатты тиімді пайдалану арқылы сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана «Экономический курс Справедливого Казахстана» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://primeminister.kz/ru/addresses/01092023.
2. С какими проблемами сталкивается молочная отрасль Казахстана и как их можно решить? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://standard.kz/ru/post/s-kakimi-problemami-stalkivaetsia-molocnaia-otrasl-kazaxstana-i-kak-ix-mozno-resit-440.
3. Kumar R. et al. Natural and cultured buttermilk // Fermented milk and dairy products. – 2015. – С. 203-225.
4. За год производство сливочного масла выросло на 4,7%. В 2024 году предприятия выпустили 32,5 тысячи тонн продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kapital.kz/economic/134689/za-god-proizvodstvo-slivochnogo-masla-vyroslo-na-4-7.html.
5. Bhattarai R.R. Importance of goat milk // Journal of Food Science and Technology Nepal. – 2012. – Т. 7. – С. 107-111.
6. Csapóné Riskó T., Csapó Z. Goat keeping and goat milk products in human nutrition-review. – 2019.
7. Haenlein G.F.W. Why does goat milk matter?-A Review // Nutrition & Food Science International Journal. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 87-90.
8. Yangilar F. As a potentially functional food: Goats' milk and products // Journal of food and nutrition research. – 2013. – Т. 1, № 4. – С. 68-81.
9. Pal M. Goat milk and its potential in dairy industry // Addis Ababa University, College of Veterinary Medicine (1-11) MSc Lecture Notes Debre Zeit, Ethiopia. – 2014.
10. Pal M. et al. Goat milk products and their significance // Beverage Food World. – 2017. – Т. 44, № 7. – С. 21-5.
11. Anaeto M. et al. Goat products: Meeting the challenges of human health and nutrition // Agriculture and Biology Journal of North America. – 2010. – Т. 1, № 6. – С. 1231-1236.
12. Захарова, И.Н. Особенности функционального состава козьего молока и его значение в качестве основы для детских смесей [Текст] / И. Н. Захарова, А.Н. Цуцаева, Л.Я. Климов // Медицинский совет. – 2022. – Т. 16, № 12. – С. 58-63.
13. ГОСТ 32219–2013. Продукты пищевые. Методы определения титруемой кислотности [Текст]. – Введ. 2014-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 8 с.
14. ГОСТ 34304–2017. Молоко и молочные продукты. Метод определения лактозы и галактозы [Текст]. – Введ. 2019-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 16 с.
15. ГОСТ 25179–2014. Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка [Текст]. – Введ. 2015-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 14 с.
16. ГОСТ Р 54758–2011. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности [Текст]. – Введ. 2012-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 12 с.

17. ГОСТ 28283–2015. Молоко коровье. Метод органолептической оценки вкуса и запаха [Текст]. – Введ. 2017-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 8 с.
18. Basnet S. et al. Fresh goat's milk for infants: myths and realities – A review // Pediatrics. – 2010. – Т. 125, № 4. – С. e973-e977.
19. ГОСТ 32940–2014. Молоко козье сырое. Технические условия [Текст]. – Введ. 2016-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 40 с.
20. ГОСТ 31658–2012. Молоко обезжиренное – сырьё. Технические условия [Текст]. – Введ. 2014-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 7 с.
21. Costa M.P. et al. Changes on expected taste perception of probiotic and conventional yogurts made from goat milk after rapidly repeated exposure // Journal of dairy science. – 2014. – Т. 97, № 5. – С. 2610-2618.
22. Ehirim F.N., Onyeneke E.N. Physico-chemical and organoleptic properties of yoghurt manufactured with cow milk and goat milk // Academic Research International. – 2013. – Т. 4, № 4. – С. 245.
23. Nurliyani N., Sadewa A.H., Sunarti S. Kefir properties prepared with goat milk and black rice (Oryza sativa L.) extract and its influence on the improvement of pancreatic β-cells in diabetic rats. – 2015.
24. Salva S. et al. Development of a fermented goats' milk containing Lactobacillus rhamnosus: in vivo study of health benefits // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2011. – Т. 91, № 13. – С. 2355-2362.
25. Martinez-Ferez A. et al. Goats' milk as a natural source of lactose-derived oligosaccharides: Isolation by membrane technology // International Dairy Journal. – 2006. – Т. 16, № 2. – С. 173-181.
26. Getaneh G. et al. Review on goat milk composition and its nutritive value // Journal of Nutrition and Health Sciences. – 2016. – Т. 3, № 4. – С. 1-10.
27. Park Y.W. Goat milk: composition, characteristics // Encyclopedia of animal science. – 2010. – Т. 2.
28. Costa W.K.A. et al. Comparative protein composition analysis of goat milk produced by the Alpine and Saanen breeds in northeastern Brazil and related antibacterial activities // PLoS One. – 2014. – Т. 9, № 3. – P. e93361.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған BR24892775 «Тамақ өнімдерін өндіру үшін ауыл шаруашылығы шикізатын кешенді және терең өңдеу технологиясын әзірлеу, өнімнің жоғары сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 30.04.25 түсті, 02.09.25 қабылданды.

Т.Ч. Тултабаева[1], Г.Н. Жакупова[1], К.К. Макангали[1], А.Е. Шоман[2], А.Х. Мулдашева[1], А.Т. Сагандык[1], А.Т. Ахметжанова[1], К.Ш. Даирова[1]

[1]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан
[2]Астана IT Университет, Астана, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА КАК ОСНОВЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Состояние здоровья человека во многом зависит от качества, уровня и структуры питания, которые нередко нарушаются под воздействием экологических, социальных и других факторов. Пищевые продукты, представляющие собой сложные химические системы с множеством основных и минорных компонентов, оказывают разнообразное физиологическое воздействие на организм.

Это открывает возможности для использования рационов питания в целях профилактики и коррекции нарушений функций организма. В последнее время наблюдается рост числа людей с непереносимостью коровьего молока, что обусловливает необходимость поиска альтернативных источников. Одним из таких заменителей является козье молоко, обладающее высокой пищевой ценностью и применяемое в производстве продуктов специального назначения, включая детское питание. Традиционно в мировой практике козье молоко рассматривалось преимущественно как сырьё для изготовления сыров. Однако, научные исследования, направленные на изучение его технологических свойств в контексте создания функциональных пищевых продуктов, остаются недостаточно многочисленными. В представленной статье отражены результаты исследований физико-химического состава козьего молока и обезжиренного коровьего молока, изучена возможность использования данных видов молока в создании технологии функциональных кисломолочных продуктов.

Ключевые слова: козье молоко, кисломолочные продукты, обезжиренное коровье молоко, функциональные продукты.

T.Ch. Tultabayeva[1], G.N. Zhakupova[1], K.K. Makangali[1], A.E. Shoman[2], A.H. Muldasheva[1], A.T. Sagandyk[1], A.T. Akhmetzhanova[1], K.Sh. Dairova[1]

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

USE OF GOAT MILK IN THE PRODUCTION OF FERMENTED DAIRY PRODUCTS

Abstract. The state of human health largely depends on the quality, level and structure of nutrition, which are often disrupted by environmental, social and other factors. Food products, which are complex chemical systems with many major and minor components, have a variety of physiological effects on the body. This opens up opportunities for the use of diets for the prevention and correction of disorders of body functions. Recently, there has been an increase in the number of people with intolerance to cow's milk, which necessitates the search for alternative sources. One of these substitutes is goat's milk, which has a high nutritional value and is used in the production of special-purpose products, including baby food. Traditionally, goat's milk has been considered primarily as a raw material for cheese production in the world. However, scientific studies aimed at studying its technological properties in the context of creating functional food products remain insufficiently numerous. The presented article reflects the results of research on the physico-chemical composition of goat's milk and skimmed cow's milk, and examines the possibility of using these types of milk in creating a technology for functional fermented milk products.

Keywords: goat's milk, fermented dairy products, skimmed cow's milk, functional products.

References

1. Tokayev, K.-Zh. Message from the Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan "Economic Course of a Fair Kazakhstan" [Electronic resource]. – Access mode: https://primeminister.kz/ru/addresses/01092023. [in Russian].
2. What problems does the dairy industry of Kazakhstan face and how can they be solved? [Electronic resource]. – Access mode: https://standard.kz/ru/post/s-kakimi-problemami-stalkivaetsia-molocnaia-otrasl-kazaxstana-i-kak-ix-mozno-resit-440. [in Russian].

3. Kumar R. et al. Natural and cultured buttermilk // Fermented milk and dairy products. – 2015. – P. 203-225.
4. Butter production grew by 4.7% over the year. In 2024, enterprises produced 32.5 thousand tons of products [Electronic resource]. – Access mode: https://kapital.kz/economic/134689/za-god-proizvodstvo-slivochnogo-masla-vyroslo-na-4-7.html. [in Russian].
5. Bhattarai R.R. Importance of goat milk // Journal of Food Science and Technology Nepal. – 2012. – Vol. 7. – P. 107-111.
6. Csapóné Riskó T., Csapó Z. Goat keeping and goat milk products in human nutrition—review. – 2019.
7. Haenlein, G.F.W. Why does goat milk matter?—A Review // Nutrition & Food Science International Journal. – 2017. – Vol. 2, No. 4. – P. 87-90.
8. Yangilar F. As a potentially functional food: Goats' milk and products // Journal of food and nutrition research. – 2013. – Vol. 1, No. 4. – P. 68-81.
9. Pal, M. Goat milk and its potential in dairy industry // Addis Ababa University, College of Veterinary Medicine (1-11) MSc Lecture Notes Debre Zeit, Ethiopia. – 2014.
10. Pal M. et al. Goat milk products and their significance // Beverage Food World. – 2017. – Vol. 44, No. 7. – P. 21-25.
11. Anaeto M. et al. Goat products: Meeting the challenges of human health and nutrition // Agriculture and Biology Journal of North America. – 2010. – Vol. 1, No. 6. – P. 1231-1236.
12. Zakharova I.N., Tsutsaeva A.N., Klimov L.Ya. Osobennosti funktsional'nogo sostava koz'ego moloka i ego znachenie v kachestve osnovy dlya detskikh smeseĭ [Features of the functional composition of goat milk and its significance as a basis for infant formulas] // Medical Council. – 2022. – Vol. 16, No. 12. – P. 58-63. [in Russian].
13. GOST 32219–2013. Produkty pishchevye. Metody opredeleniya titruemoĭ kislotnosti [Food products. Methods for determining titratable acidity]. – Introduced 2014-07-01. – Moscow: Standartinform, 2014. – 8 p. [in Russian].
14. GOST 34304–2017. Moloko i molochnye produkty. Metod opredeleniya laktozy i galaktozy [Milk and dairy products. Method for determining lactose and galactose]. – Introduced 2019-01-01. – Moscow: Standartinform, 2018. – 16 p. [in Russian].
15. GOST 25179–2014. Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya massovoĭ doli belka [Milk and dairy products. Methods for determining mass fraction of protein]. – Introduced 2015-01-01. – Moscow: Standartinform, 2015. – 14 p. [in Russian].
16. GOST R 54758–2011. Moloko i produkty pererabotki moloka. Metody opredeleniya plotnosti [Milk and milk processing products. Methods for determining density]. – Introduced 2012-07-01. – Moscow: Standartinform, 2012. – 12 p. [in Russian].
17. GOST 28283–2015. Moloko korov'e. Metod organolepticheskoĭ otsenki vkusa i zapakha [Cow milk. Method for organoleptic evaluation of taste and smell]. – Introduced 2017-07-01. – Moscow: Standartinform, 2017. – 8 p. [in Russian].
18. Basnet S. et al. Fresh goat's milk for infants: myths and realities – A review // Pediatrics. – 2010. – Vol. 125, No. 4. – P. e973-e977.
19. GOST 32940–2014. Moloko koz'e syroe. Tekhnicheskie usloviya [Raw goat milk. Technical conditions]. – Introduced 2016-01-01. – Moscow: Standartinform, 2015. – 40 p. [in Russian].
20. GOST 31658–2012. Moloko obezzhirennoe – syr'ë. Tekhnicheskie usloviya [Skim milk – raw material. Technical conditions]. – Introduced 2014-01-01. – Moscow: Standartinform, 2013. – 7 p. [in Russian].
21. Costa M.P. et al. Changes on expected taste perception of probiotic and conventional yogurts made from goat milk after rapidly repeated exposure // Journal of dairy science. – 2014. – Vol. 97, No. 5. – P. 2610-2618.

22. Ehirim F.N., Onyeneke, E.N. Physico-chemical and organoleptic properties of yoghurt manufactured with cow milk and goat milk // Academic Research International. – 2013. – Vol. 4, No. 4. – P. 245.
23. Nurliyani N., Sadewa, A.H., Sunarti, S. Kefir properties prepared with goat milk and black rice (Oryza sativa L.) extract and its influence on the improvement of pancreatic β-cells in diabetic rats. – 2015.
24. Salva S. et al. Development of a fermented goats' milk containing Lactobacillus rhamnosus: in vivo study of health benefits // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2011. – Vol. 91, No. 13. – P. 2355-2362.
25. Martinez-Ferez A. et al. Goats' milk as a natural source of lactose-derived oligosaccharides: Isolation by membrane technology // International Dairy Journal. – 2006. – Vol. 16, No. 2. – P. 173-181.
26. Getaneh G. et al. Review on goat milk composition and its nutritive value // Journal of Nutrition and Health Sciences. – 2016. – Vol. 3, No. 4. – P. 1-10.
27. Park Y.W. Goat milk: composition, characteristics // Encyclopedia of animal science. – 2010. – Vol. 2.
28. Costa W.K.A. et al. Comparative protein composition analysis of goat milk produced by the Alpine and Saanen breeds in northeastern Brazil and related antibacterial activities // PLoS One. – 2014. – Vol. 9, No. 3. – P. e93361.

ҒТАМР 65.63.03

А.Ж. Айтбаева[1] – *негізгі автор*, ©
М.К. Касымова[2], М.Ж. Кизатова[3],
Р.С. Алибеков[4], М.Д. Кенжеходжаев[5]

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

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0001-5896-5241 [2]https://orcid.org/0000-0002-4789-7148
[3]https://orcid.org/0000-0002-6481-7410 [4]https://orcid.org/0000-0002-0723-3101
[5]https://orcid.org/0000-0001-6924-4589

[1,2,4]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан
[3]С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық Медицина университеті, Алматы, Қазақстан
[5]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан

@ *[1]aiger_4ik@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/FNPN7877

ЖҮГЕРІ ЖІБЕГІНІҢ СЫҒЫНДЫСЫМЕН БАЙЫТЫЛҒАН АЙРАННЫҢ МАЙ ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Ашытылған сүт өнімі – айранның тағамдық және энергетикалық құндылығы құрамын балғын жүгері шашағының сығындысымен байытқанда артатындығы белгіленді. Балғын жүгері шашағының сулы сығындысымен байытылған айранның май қышқылдық құрамының биологиялық құндылығы біршама жоғары екендігі анықталды. Өнімде метил бутират пен метилцис-11,14-эйкосадиеноаттың болуы өнімнің биологиялық тиімділігін көрсетеді. Метилцис-10-пентадеканоат, метилцис-9-олеат, метилнейронат минималды мөлшерде кездеседі, ал метилундеканоат және метиллаурат, метилтрикосанатының іздері бар. Омега-6 май қышқылының өкілі саналатын метилцис-5,8,11,14-эйкосатриеноатының айранның құрамындағы мөлшері 0,00413% құрады. Омега-3 және омега-6 қатынасы 1:2 болуы шарт. Ұсынылып отырған өнімде бұл екі май қышқылының қатынасы 1:1,87 құрады. Балғын жүгері жібегі құрамында пантотен қышқылы (дәрумен B5) бар және ол қышқылдың құрамында β-аланин мен пантоин қышқылы (2,4-дигидрокси-3,3-диметилмай қышқылы) болуы май қышқылын белсендіреді.

Тірек сөздер: айран, май қышқылы, зерттеу, құрам, сапа.

Айтбаева, А.Ж. Жүгері жібегінің сығындысымен байытылған айранның май қышқылының құрамын зерттеу [Мәтін] / А.Ж. Айтбаева, М.К. Касымова, М.Ж. Кизатова, Р.С. Алибеков, М.Д. Кенжеходжаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.77-84. https://doi.org/10.55956/FNPN7877

Кіріспе. Бүгінгі таңда майды ас мәзірінен толығымен алып тастау салмақ жоғалту үшін де, бұлшықет массасын алу үшін де мүмкін емес. Майдың калориясы жоғары, осыған орай ол энергияның тамаша көзі болып табылады. Адамдардың өмір сүру ұзақтығы олардың ас мәзірінде қандай май қышқылдары басым болатынына байланысты болатындығы белгілі. Сондықтан өнім құрамында қажетті май қышқылдарының болуы сұрағы

үлкен қызығушылық тудырады. Май және май қышқылы сүт өнімдерінің энергетикалық құндылығын және жағымды дәмін анықтайды.

Май қышқылын анықтаудың негізгі фактілері бар:

– Май қышқылдарының қатынасын анықтау. Ол өнімдегі әртүрлі май қышқылдарының құрамы мен арақатынасын анықтауға мүмкіндік береді.

– Май қышқылын анықтауда химиялық әдістерді қолдану. Ол газ хроматографиясы және масс-спектрометрия сияқты химиялық әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бұл әдістер өнімнің құрамы туралы өте дәл ақпарат алуға мүмкіндік береді.

– Өнімнің қауіпсіздігі мен тиімділігіне әсері. Мысалы, кейбір май қышқылдарының мөлшері рұқсат етілген нормадан асып кетсе, бұл денсаулыққа теріс салдарға әкелуі мүмкін.

– Зерттеу қызметіндегі рөлі. Ол ғылыми-зерттеу қызметінде маңызды рөл атқарады, ғалымдарға өнімдердің құрамын зерттеуге және олардың медицина және косметология, тамақ өнімдерінің өндірісі сияқты әртүрлі салалардағы тиімділігін анықтауға мүмкіндік береді.

Және өнімдердің май қышқылдарының құрамын анықтау фальсификация сәйкестендірудің тиімді әдісі саналады.

Сонымен, тамақ өнімдерінің құрамынан май қышқылдық құрамын зерттеу өзекті саналады.

Май адам организмінің энергетикалық қажеттілігінің бір бөлігін қамтамасыз етеді, және организмдегі бірнеше функциямен қамтамасыз етеді. Май – фосфолипидтердің, стериннің және тамақтану маңызды факторына тиесілі өнімдерінің полиқанықпаған май қышқылдарының көзі.

Қазіргі кезде тұтыну нарығында бағаның өсуі және импорттық тауарларға сұраныстың төмендеуіне байланысты өндірушілер бірінші кезекте көрші елдерде жоғары сұранысқа ие сүт өнімдерін бұрмалау жасай бастады [1].

Соңғы жылдары өнімнің май фазасының май қышқылдық құрамы оның негізгі сапалық сипаттамаларының біріне саналып жүр. Жануарлар мен өсімдік майларының құрамына кіретін май қышқылдары химиялық құрылымы бойынша органикалық карбон қышқылдарына жатады. Май қышқылдарының метил эфирлерінің хроматографиялық талдауы тамақ өнімдерінің липидтік фракциясының сипаттамаларын анықтау үшін қолданылады және бұрмалануды анықтаудың тиімді әдісі және тағамдық талдаудың маңызды қолданбалы міндеттерінің бірі болып табылады [2,3].

Жүгері жібегінде пантотен қышқылы бар, ал пантотен қышқылы майлардың, көмірсулардың, аминқышқылдарының алмасуы, өмірлік маңызды май қышқылдарының, холестерин, гистамин, ацетилхолин, гемоглобин синтезі үшін қажет [4]. Пантотен қышқылы негізінен жасушаларды қалыптастыру және май қышқылдарының дамуы үшін қажет.

Зерттеу мақсаты: өсімдік текті шикізат сығындысының айран типті сүт қышқылды өнім құрамындағы май қышқылының мөлшеріне әсерін зерттеу.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу нысаны ретінде балғын және кептірілген жүгері жібегінің сығындысы, айран алынды және зерттеу М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің «Тамақ инженериясы» кафедрасында және Алматы технологиялық университет АҚ «Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін бағалау бойынша ғылыми-зерттеу» зертханасында жүргізілді.

Ақуыздың массалық үлесі МЕМСТ 34454-2018 әдісі бойынша анықталды. Бұл әдіс талданатын өнім үлгісінің органикалық заттарын аммоний сульфатының түзілуімен катализатордың қатысуында концентрлі күкірт қышқылымен минералдандырып, оны аммиакқа айналдыруға, соңғысын бор қышқылының ерітіндісіне айдау, титриметриялық әдіспен аммиакты сандық есептеуге және талданатын үлгідегі ақуыз үлесін массасын есептеуге негізделген.

Көмірсулардың массалық үлесін анықтау үшін стандартты перманганометриялық әдіс қолданылды. Сахарозаның, глюкозаның, фруктозаның және сорбиттің массалық концентрациясын анықтау үшін өнімдер 1:20 қатынасында сұйылтылды. Ол үшін пипеткамен 5 мл сынаманы алып, 100 мл өлшемді колбаға салып, дистилденген су құйып белгіге келтіріп, үлгіні 15 минут бойы центрифугалайды. Қажет болса, қайталап центрифугалау немесе қағаз сүзгісі арқылы сүзу мүмкін болады. Дәстүрлі технологиямен дайындалған айранға 10% балғын және кептірілген жүгері жібегінің сулы сығындысы қосылды.

Майдың массалық үлесі МЕМСТ 5867-90 әдісі бойынша қышқылдық тәсілмен анықталды. Әдіс концентрлі күкірт қышқылы мен изоамил спиртінің әсерінен шикізат пен өнімдерден майды бөлу, одан кейін центрифугалау және бутирометрдің градуирленген бөлігінде алынған майдың көлемін өлшеуге негізделген.

Май қышқылдарының массалық үлесі МЕМСТ 30418-96 әдісі бойынша олардың триглицеридтердегі жалпы мөлшері арқылы анықталды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Айранның энергетикалық құндылығы құрамын балғын және кептірілген жүгері жібегінің сығындысымен байытқанда артады (1-кесте).

Кесте 1

Айранның тағамдық және энергетикалық құндылығы

№	Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірліктері	Балғын жүгері жібегінің сулы сығындысымен байытылған айран	Айран (бақылау)
1	Ақуыздың массалық үлесі, г/100 г	2,94	2,8
2	Майдың массалық үлесі, г/100 г	4,6	4,2
3	Көмірсулардың массалық үлесі, г/100 г	5,28	5,1
4	Энергетикалық құндылық, ккал	74,81	71,14

Айранның тағамдық және энергетикалық құндылығының артуы өнім құрамындағы жүгері жібегінің құрамымен байланысты. Жүгері жібегінің құрамында 5,1 г/100 г көмірсу, 2,8г/100 г ақуыз және 4,2 г/100 г май бар.

Айранның май қышқылдық құрамы зерттелді (1-кесте, 1-сурет). Барлық өнімдермен екі жағдайда да нәтижелер салыстырмалы болды.

Балғын және кептірілген жүгері жібегінің сулы сығындысы бар айранның май қышқылдық құрамын сығындысыз өнім – айранмен салыстырылды.

Балғын және кептірілген жүгері жібегінің сулы сығындысы бар Айранның май қышқылдық құрамының биологиялық құндылығы салыстырмалы түрде жоғары. Майдың құрамында метил бутираттың болуы өнімнің биологиялық тиімділігін көрсетеді. Дегенмен, метилцис-10-пентадеканоат, метилгептадеканоат, метилцис-8,11,14-эйкосаттраэноат және

метилнервонаты, метилцис-13,16-докосадиеноат аз мөлшерде болатыны көрінген.

Кесте 2

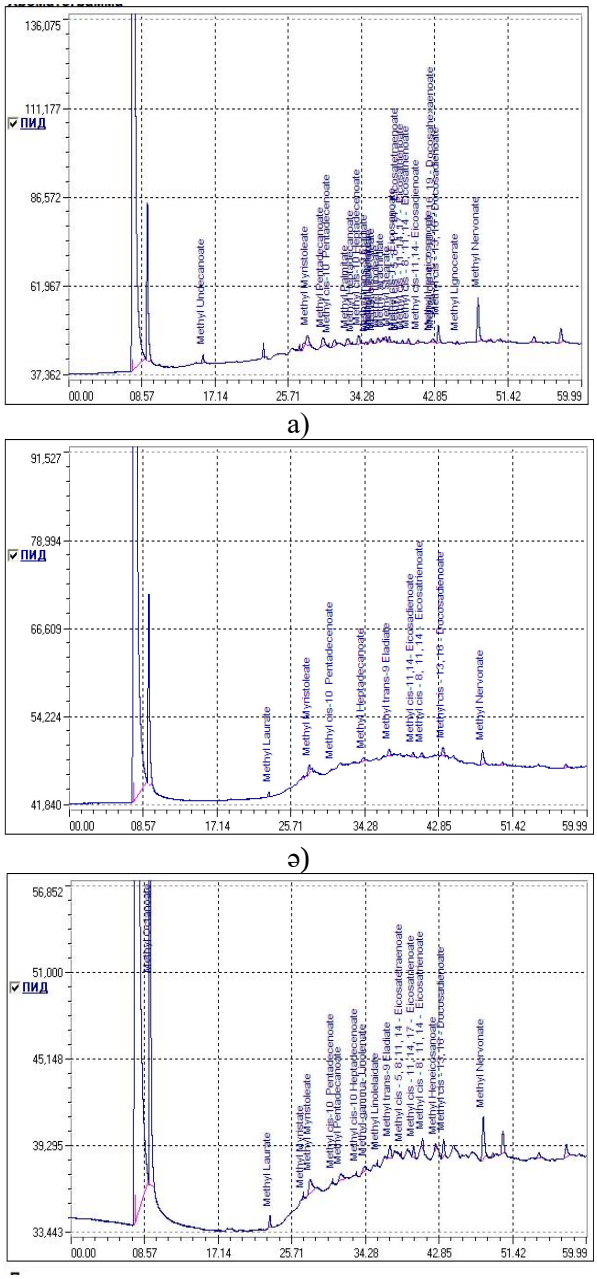
Айранның май қышқылдық құрамы, %

№	Компонент	Айран (бақылау)	Балғын жүгері жібегінің сулы сығындысымен байытылған айран	Кептірілген жүгері жібегінің сулы сығындысымен байытылған айран
1	Метил бутират	0,142469	0,157418	0,144932
2	Метилцис-10-пентадеканоат	0,000034	0,000285	0,000103
3	Метилгептадеканоат	0,000188	0,000815	-
4	Метилцис-10-гептадеканоат	0,000079	0,003191	-
5	Метилцис-9-олеат	0,000120	-	-
6	Метилцис-5,8,11,14-эйкосатриеноат	0,00312	0,00413	
7	Метилцис-8,11,14-эйкосаттраэноат	0,000432	0,000564	0,000543
8	Метилцис-8,11,14-эйкосадиеноат	0,000607	0,001322	
9	Метилцис-4,7,10,13,16,19-докозагексаеноат	0,000998	0,002198	
10	Метилнервонаты	0,000046	0,001173	0,000106
11	Метилоктанат	-	-	0,062468
12	Метилпальмитат	0,000208	-	-
13	Метилцис-11,14-эйкосадиеноат	0,000773	-	-
14	Метилцис-11-эйкосанат	0,000210		
15	Метилпентадеканоат	0,000126		
16	Метилцис-13,16-докосадиеноат	0,001110	0,004366	0,001435
17	Метилгамма-линоленат			0,000615

Тамақ өнімдерінің функционалдық мақсатының көрсеткіші ретінде май қышқылдарының құрамы өте маңызды. Тамақ май қышқылдары алмастырылмайтын май қышқылдарының, майда еритін витаминдердің көзі, организмнің май тіндерінің биосинтезі мен құрылысына арналған материал болып табылатыны анық [5-7].

Май қышқылдарының үйлесімді тепе-теңдігіне, оның ішінде ω3 және ω6 қатарындағы май қышқылдарының пропорционалды қатынасына қол жеткізу үшін өнімге әртүрлі май қышқылдары топтарына жататын өсімдік материалдарын қосқан жөн.

Метил бутират (май қышқылының метил эфирі) CH_3-CH_2-CH_2 -COO-CH_3 қаныққан май қышқылының өкілі және тәтті, жемісті иісі және дәмі бар. Қаныққан май қышқылы организм үшін негізінен энергия алу үшін пайдаланады, балғын жүгері жібегінің сулы сығындысындағы көмірсулардың анаэробты ащу процесінің нәтижесінде түзіледі [8]. Ал ақуыз алмасуы тармақталған тізбекті карбон қышқылдарының түзілуіне әкеледі. Ол өз кезегінде ішек микрофлорасы үшін қолжетімді көмірсулардың негізгі субстраты және оның функциясын жақсартады.



а) Айран (бақылау); ә) Балғын жүгері жібегінің сулы сығындысымен байытылған Айран; б) Кептірілген жүгері жібегінің сулы сығындысымен байытылған Айран

Сурет 1. Айран өнімінің май қышқылдық құрамы

Май қышқылдарының қасиеттері ондағы көміртегі тізбегінің ұзындығымен, қос байланыспен және бірінші қос байланыстың орналасуымен анықталады. Сондықтан май қышқылының тізбек ұзындығына тәуелді жекелеп қарағанда моноқанықпаған май қышқылдарының ішінен метил октаноат кездеседі. Ол құрылымдық липидтердің синтезінде де,

құрамында болады. Және де қандағы төмен тығыздықты липопротеиндік холестериннің төмендеуіне ықпал етеді, ал технологиялық артықшылықтардың қатарында тотығу жылдамдығы төмен [9].

Метилцис-4,7,10,13,16,19-докозагексаеноат маңызды омега-3 май қышқылының бірі. Оның мөлшері жүгері жібегінің сулы сығындысы бар айран сияқты сүт өнімінің құрамында 0,002198 құрады және сығындысыз бақылау үлгісі құрамындағы мөлшерден салыстырмалы 0,0012%-ға көбірек. Егер омега-3 май қышқылының негізі балық майы көзі екендігін ескерсек, онда Айран типті өнім құрамында оның болуы құптарлық жәйт.

Метилцис-5,8,11,14-эйкосатриеноат омега-6 май қышқылының өкілі және оның жүгері жібегінің сулы сығындысы бар айран типті ашытылған сүт өнімінің В1 құрамындағы мөлшері 0,00413% құрады. Омега-3 және омега-6 қатынасы 1:2 болуы шарт. Ұсынылып отырған өнімде бұл екі май қышқылының қатынасы 1:1,87 құрады. Себебі, омега-3 және омега-6 май қышқылдары арасында теңгерімсіздік болмауы тиістігі, олар адам ағзасындағы көптеген маңызды процестерді реттейді. Екеуі бір полиқанықпаған май қышқылына жатқанымен, омега-6 қышқылдарынан синтезделген эйкозаноидтар организмнің аллергендер сияқты тітіркендіргіштерге реакциясын жақсартады және қабыну процестерін қоздырады: олар қақырық бөлінуін арттырады, температураны жоғарылатады, аллергиялық реакцияларды арттырады және қан тамырларын тарылтады. Ал омега-3-тен синтезделгендер керісінше әрекет етеді: керісінше, қан тамырларын босаңсытады, температураны және басқа да айқын реакцияларды төмендетеді. Осы тұрғыдан алғанда денедегі май қышқылдарының осы топтарының тепе-теңдігі болғаны дұрыс.

Жүгері жібегі құрамында пантотен қышқылы (дәрумен В5) бар және ол қышқылдың құрамында β-аланин мен пантоин қышқылы (2,4-дигидрокси-3,3-диметилмай қышқылы) болады [10] және ол май қышқылын белсендіреді:

$HOOC\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}NH\text{-}CO\text{-}CHOH\text{-}C(CH_3)_2\text{-}CH_2\text{-}OH$
β-аланин пантоин қышқылы

В5 дәруменінің коферментті формасы А коэнзим май қышлындарын тасымалдайды және ферменттермен байланыста емес.

Қорытынды. Балғын жүгері жібегінің сулы сығындысы қосылған айранның май қышқылдық құрамының биологиялық құндылығы біршама жоғары екендігі анықталды. Майда метил бутираттың болуы өнімнің биологиялық тиімділігін көрсетеді. Метилцис-10-пентадеканоат, метилгептадеканоат, метилцис-8,11,14-эйкосаттраэноат және метилнервонаты, метилцис-13,16-докосадиеноат аз мөлшерде.

Әдебиеттер тізімі

1. Комин, А.Э. О распространенных способах фальсификации молочных продуктов [Текст] /А.Э. Комин, И.Н. Ким, И.И. Бородин // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2021. – № 2. – С. 18-25.
2. Дунин, С.А. Контроль качества молочной продукции по жирнокислотному составу [Текст] / С.А. Дунин, Ю.В. Пивоваров, В.А. Зенин, О.В. Вьюнсковская // Контроль качества продукции. – 2012. – № 5. – С. 18-23.
3. Святкина, Л.И. О фальсификации молочной продукции [Текст] / Л.И. Святкина, В.Я. Андрухова // Молочная промышленность. – 2011. – № 10. – С. 39-40.

4. Ржечицкая, Л.Э. Пищевая химия. Часть 2. Водорастворимые витамины [Текст]: учебное пособие / Л.Э. Ржечицкая, В.С. Гамаюрова. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – 140 с.
5. Нечаева, А.П. Пищевая химия [Текст] / А.П. Нечаев [и др.] / 6-е изд. – СПб.:ГИОРД, 2015. – 672 с.
6. Субботина, М.А. Факторы, определяющие биологическую ценность растительных масел и жиров [Текст] / М.А. Субботина // Химическая технология. – 2009. – С. 86-90.
7. Донскова, Л.А. Жирнокислотный состав липидов как показатель функционального назначения продуктов из мяса птицы: Теоретические и практические аспекты [Текст] / Л.А. Донскова, Н.М. Беляев, Н.В. Лейберова // Индустрия питания. – 2018. – Т. 3. – № 1. – С. 4-10.
8. Акопян, А.Н. Гастроэзофагеальный рефлюкс и нарушения моторики желудочно-кишечного тракта [Текст] / А.Н. Акопян, С.В. Бельмер, О.Ф. Выхристюк [и др.] // Доктор.ру. Педиатрия. Гастроэнтерология. – 2014. – № 11 (99). – С. 45-49.
9. О'Брайен, Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение [Текст] / Р. О'Брайен. – С.П.: Профессия, 2007. – 752 с.
10. Воротников, Б.Ю. Биохимия пищевых продуктов [Текст]: учебно-методическое пособие / Б.Ю. Воротников, Н.П. Нефедова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 40 с.

Материал редакцияға 09.05.25 түсті, 02.09.25 қабылданды.

А.Ж. Айтбаева[1], М.К. Касымова[1], М.Ж. Кизатова[2], Р.С. Алибеков[1], М.Д. Кенжеходжаев[3]

[1]Южно-Казахстанский исследовательский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
[2]Казахский Национальный Медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан
[3]Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА АЙРАНА, ОБОГАЩЕННОГО ЭКСТРАКТОМ КУКУРУЗНЫХ РЫЛЕЦ

Аннотация. Пищевая и энергетическая ценность кисломолочного продукта – айрана повышается при обогащении его состава экстрактом кукурузных рылец. Установлено, что айран с водным экстрактом свежих кукурузных рылец характеризуется несколько более высокой биологической ценностью жирнокислотного состава. Наличие в жировой фракции метилбутирата и метилцис-11,14-эйкозадиеноата свидетельствует о биологической эффективности продукта. При этом метилцис-10-пентадеканоат, метилцис-9-олеат и метилнервонат присутствуют в минимальных количествах, а метилундеканоат, метиллаурат и метилтрикозаноат обнаружены в следовых количествах. Содержание метилцис-5,8,11,14-эйкозатриеноата, представителя омега-6 жирных кислот, в обогащенном продукте составило 0,00413%. Оптимальное соотношение омега-3 и омега-6 жирных кислот составляет 1:2, тогда как в предлагаемом образце оно равно 1:1,87. Кукурузные рыльца содержат пантотеновую кислоту (витамин B5), а наличие в их составе β-аланина и пантоиновой кислоты (2,4-дигидрокси-3,3-диметилмасляной кислоты) способствует активации метаболизма жирных кислот.

Ключевые слова: айран, жирная кислота, исследование, состав, качество.

A.Zh. Aitbayeva[1], M.K. Kassymova[1], M.Zh. Kizyatova[2], R.S. Alibekov[1], M.D. Kenzhekhodzhaev[3]

[1]M. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarov, Almaty, Kazakhstan
[3]M.H. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

STUDY OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF AYRAN ENRICHED WITH CORN SILK EXTRACT

Abstract. The nutritional and energy value of the fermented milk product, ayran, increases when its composition is enriched with corn silk extract. It was established that ayran containing an aqueous extract of fresh corn silk is characterized by a slightly higher biological value of its fatty acid profile. The presence of methyl butyrate and methyl cis-11,14-eicosadienoate in the fat fraction indicates the biological effectiveness of the product. Meanwhile, methyl cis-10-pentadecanoate, methyl cis-9-oleate, and methyl nervonate are present in minimal amounts, while methyl undecanoate, methyl laurate, and methyl tricosanoate are detected only in trace amounts. The content of methyl cis-5,8,11,14-eicosatrienoate, a representative of omega-6 fatty acids, in the enriched product was 0.00413%. The optimal ratio of omega-3 to omega-6 fatty acids is 1:2, whereas in the proposed sample it is 1:1.87. Corn silk contains pantothenic acid (vitamin B5), and the presence of β-alanine and pantoic acid (2,4-dihydroxy-3,3-dimethylbutyric acid) in its composition contributes to the activation of fatty acid metabolism.

Keywords: airan, fatty acid, research, composition, quality.

References

1. Komin A.E., Kim I.N., Borodin I.I. O rasprostranënnykh sposobakh fal'sifikatsii molochnykh produktov [On common methods of falsification of dairy products] // Technologies of Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products. – 2021. – No. 2. – P. 18-25. [in Russian].
2. Dunin S.A., Pivovarov Yu.V., Zenin V.A., V'yunskovskaya O.V. Kontrol' kachestva molochnoĭ produktsii po zhirnokislotnomu sostavu [Quality control of dairy products based on fatty acid composition] // Product Quality Control. – 2012. – No. 5. – P. 18-23. [in Russian].
3. Svyatkina L.I. et al. O fal'sifikatsii molochnoĭ produktsii [On the falsification of dairy products] // Dairy Industry. – 2011. – No. 10. – P. 39-40. [in Russian].
4. Rzhechitskaya, L.E., Gamayurova, V.S. Pishchevaya khimiya. Chast' 2. Vodorastvorimye vitaminy [Food Chemistry. Part 2. Water-soluble vitamins]: textbook. – Kazan: KNITU Publishing House, 2013. – 140 p. [in Russian].
5. Nechaev, A.P. et al. Pishchevaya khimiya [Food Chemistry]. – 6th ed. – St. Petersburg: GIORD, 2015. – 672 p. [in Russian].
6. Subbotina M.A. Faktory, opredelyayushchie biologicheskuyu tsennost' rastitel'nykh masel i zhirov [Factors determining the biological value of vegetable oils and fats] // Chemical Technology. – 2009. – P. 86-90. [in Russian].
7. Donskova L.A., Belyaev N.M., Leiberova N.V. Zhirnokislotnyĭ sostav lipidov kak pokazatel' funktsional'nogo naznacheniya produktov iz myasa ptitsy: Teoreticheskie i prakticheskie aspekty [Fatty acid composition of lipids as an indicator of the functional purpose of poultry meat products: Theoretical and practical aspects] // Food Industry. – 2018. – Vol. 3. – No. 1. – P. 4-10. [in Russian].
8. Akopyan A.N., Bel'mer S.V., Vykhristyuk O.F. et al. Gastroèzofageal'nyĭ reflyuks i narusheniya motoriki zheludochno-kishechnogo trakta [Gastroesophageal reflux and gastrointestinal motility disorders] // Doctor.ru. Pediatrics. Gastroenterology. – 2014. – No. 11 (99). – P. 45-49. [in Russian].
9. O'Brien, R. Zhiry i masla. Proizvodstvo, sostav i svoĭstva, primenenie [Fats and Oils. Production, Composition and Properties, Applications]. – St. Petersburg: Professiya, 2007. – 752 p. [in Russian].
10. Vorotnikov, B.Yu., Nefedova, N.P. Biokhimiya pishchevykh produktov [Biochemistry of Food Products]: textbook. – Kaliningrad: FGBOU VO "KGTU" Publishing House, 2022. – 40 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.09.05

Л.А. Каимбаева[1] – *негізгі автор*,
Н.Б. Исембердиева[2] ©

[1]*Техн. ғылым. д-ры, профессор,* [2]*Докторант*
ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0002-5251-8026* [2]*https://orcid.org/0009-0000-8887-7744*
[1,2]*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,*
Алматы, Қазақстан
@ [2]*nazymissemberdiyeva@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/UTID2654

АЛБЫРТ ТҰҚЫМДАС БАЛЫҚТАРҒА АРНАЛҒАН ЖЕМ ҚҰРАМЫН ҚОРЕКТІК ҚҰНДЫЛЫҚ СТАНДАРТТАРЫНА СӘЙКЕС ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Мақалада албырт және бахтахтарға арналған жем құрамын оңтайландырудың заманауи тәсілдері қарастырылады. Балық ұнының үлесін ет-сүйек ұны, қызылша ұны және басқа да жергілікті ауыл шаруашылығы өнімдерімен алмастыру арқылы жемнің өзіндік құнын төмендетуге болатыны көрсетілген. Бұл өзгерістер балықтардың өсуі мен денсаулығына кері әсер етпей, азықтың қоректік құрамын әртараптандыруға мүмкіндік береді. Зерттеу барысында ақуыз, май, көмірсу, витаминдер мен минералды заттардың мөлшері анықталып, жемге ферменттік қоспа ретінде фитаза енгізілген. Нәтижесінде қоректік заттардың сіңімділігі артып, су ортасына фосфордың бөлінуі азайған. Өндіріс шығындарының 10-15%-ға қысқаруы бұл тәсілдің экономикалық тиімділігін дәлелдейді. Сонымен қатар, жергілікті шикізатты пайдалану импорттық тәуелділікті төмендетіп, тұрақты және экологиялық қауіпсіз акваөсіруге жол ашады.

Тірек сөздер: инновациялық жем, албырт, бахтах, ет-сүйек ұны, қызылша ұны, фитаза, акваөсіру, экономикалық тиімділік.

Каимбаева, Л.А. Албырт тұқымдас балықтарға арналған жем құрамын қоректік құндылық стандарттарына сәйкес оңтайландыру [Мәтін] / Л.А. Каимбаева, Н.Б. Исембердиева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.85-95. https://doi.org/10.55956/UTID2654

Кіріспе. Қазіргі заманғы акваөсіру балық шаруашылығының қарқынды дамып келе жатқан салаларының бірі болып табылады, мұнда балықты жоғары сапалы жеммен қамтамасыз ету маңызды рөл атқарады. Албырт пен бахтах өндірісінің көлемі артқан сайын жемнің қоректік қасиеттеріне, олардың сіңімділігіне және экономикалық тиімділігіне қойылатын талаптар артып келеді.

Балық ұны дәстүрлі түрде аквамәдениеттегі ақуыздың негізгі көзі болып саналады, алайда оның жоғары құны мен сапасының тұрақсыздығы балама ингредиенттерді пайдалануды қажет етеді. Ауыл шаруашылығы мен мал шаруашылығы өндірісінің қосалқы өнімдері сияқты дәстүрлі емес жем құрамдастары балық ұнын ішінара немесе толығымен алмастыра алады, бұл жем қоспаларында қажетті ақуыз мөлшерін сақтай отырып, шығынды

азайтуға мүмкіндік береді. Бұл балықтың өнімділігі мен денсаулығына зиян келтірмей-ақ жемнің өзіндік құнын айтарлықтай азайтады. Баламалы шешім – құс фабрикасының қалдықтары мен өсімдік тектес материалдарды, оның ішінде қызылша ұны сияқты жергілікті ресурстарды пайдалану [1].

Бұл құрамдас бөліктер тек жемнің қоректік құндылығын қамтамасыз етіп қана қоймай, агроөнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу мәселесін шешуге де мүмкіндік береді, бұл Қазақстан үшін өзекті мәселе болып табылады. Мұндай ингредиенттерді бахтахқа арналған жем құрамына енгізу – экологиялық және экономикалық тұрғыдан тұрақты балық шаруашылығын дамытуға ықпал етеді.

Интенсивті жағдайда балық өсіргенде әртүрлі аурулар жиі кездеседі, ал оларды емдеу үшін әдетте антибиотиктер қолданылады. Алайда уақыт өте келе бұл антибиотиктерге төзімді микроорганизмдердің пайда болуына әкелуі мүмкін, мұндай патогендермен күресу анағұрлым қиын. Сондықтан қазіргі таңда иммунитетті өздігінен күшейтетін, балықтың биологиялық тұрақтылығын арттыратын және өндірісті табиғат пен адам үшін қауіпсіз ететін жемдерді әзірлеу ерекше маңызды болып отыр [2].

Қазіргі уақытта Қазақстан Орталық Азияда құс етін өндіру бойынша алдыңғы орындардың бірін иеленеді. Жыл сайын құс фабрикаларында айтарлықтай көлемде қалдықтар (сүйектер, қауырсындар, кесінділер) түзіледі, оларды қайта өңдеп ет-сүйек ұнына айналдыруға болады. Бұл экологиялық жүктемені азайтумен қатар, құнарлы жемдік компонент алуға мүмкіндік береді. Балық жемінің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру үшін көкөніс өңдеу кәсіпорындарының қалдықтарын, мысалы, қызылша целлюлозасы немесе одан алынған қызылша ұнын пайдалану да өте маңызды.

Қант қызылшасы – Қазақстан үшін, әсіресе оңтүстік өңірлерде, маңызды ауыл шаруашылығы дақылы болып табылады. Қант зауыттарында түзілетін қалдықтар – целлюлоза мен қопсытқыштарды қызылша ұнына қайта өңдеуге болады. Бұл өсімдік ресурстарын неғұрлым тиімді пайдалануға және қалдықтарды кәдеге жарату шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Қызылша ұны беталаиндер сияқты антиоксиданттарға және басқа да пайдалы заттарға бай, олар ісікке қарсы және жалпы оңалту қасиеттерімен ерекшеленеді. Ғалымдар кейбір физикалық факторлардың (мысалы, Бобров генераторы) әсерінен қызылшаның химиялық құрамы мен антиоксиданттық белсенділігі өзгеруі мүмкін екенін анықтаған. Бұл организмдегі бос радикалдармен күресуге көмектесетін органикалық қышқылдардың өзгеруіне байланысты. Табиғи антиоксиданттардың – флавоноидтар, витаминдер және өсімдік пигменттерінің арқасында, өңделген қызылша ұнын балық жеміне қосымша ретінде қолдануға болады. Мұндай өсімдік тектес қоспалар балықтардың күйзеліске төзімділігін арттырып, жалпы физиологиялық жағдайын жақсартуға ықпал етеді [3,4].

Қазақстанның су ресурстары, соның ішінде көлдер мен жасанды су қоймалары бахтах өсіруге өте қолайлы. Алайда еліміздегі көптеген балық шаруашылықтары импорттық жемге сүйенеді, бұл дайын өнімнің өзіндік құнын арттырады. Жергілікті шикізатты пайдаланып, балық жемін ресурстарды үнемдейтін технологиялар негізінде өндіру ұлттық аквамәдениеттің дамуына ықпал етеді [5].

Құс фабрикаларынан шығатын қалдықтар (ет-сүйек қалдықтары, кесінділер, сүйектер) жем өндірісінде кеңінен қолданылатын ет-сүйек ұнын өндіруге арналған құнды шикізат болып табылады. Қазақстан құс

шаруашылығының қарқынды дамуын ескере отырып, бұл қалдықтарды қайта өңдеу үшін айтарлықтай әлеуетке ие.

Бахтахқа арналған жем құрамында ет-сүйек ұнын пайдаланудың артықшылығы: ақуыз мөлшерінің жоғары болуы (70%-ға дейін) және майдың жеткілікті деңгейі (10-15%); ет-сүйек ұны кальций мен фосфордың жақсы көзі болып табылады, олар балықтың қаңқа жүйесінің қалыптасуы үшін қажет; қымбат балық ұнын қоректік құндылығын жоғалтпай-ақ белгілі бір деңгейде алмастыруға мүмкіндік береді; ет-сүйек ұнын қолдану құс шаруашылығы қалдықтарын кәдеге жарату арқылы экологиялық жүктемені азайтады және жемнің арзандауына ықпал етеді [6].

Қызылша ұнының артықшылықтарына мыналар жатады: көмірсулардың жоғары мөлшері (50-60%-ға дейін), балықтың өсуін қуатпен қамтамасыз етеді; ас қорыту жүйесін жақсартатын және ішектің денсаулығын қолдайтын талшықтар мен пектиндердің болуы; жем түйіршіктерінің байланыстырғыш қасиетін арттыру, бұл олардың суда беріктігін жақсартады; қызылша ұны жем құрамының 15-20%-на дейін енгізілгенде де оның қоректік құндылығына теріс әсер етпейді.

Аквамәдениет саласында қолданылатын жемге қойылатын талаптар әлемдік деңгейде қатаң реттеледі. Сондықтан албырт және бахтахтарға арналған құрама жемді әзірлеу барысында оның қоректік құрамының ФАО/ДДСҰ халықаралық стандарттарына сәйкес келуі балықтың денсаулығы мен өндірістің тұрақтылығын қамтамасыз ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады.

Осы жұмыстың мақсаты – албырт тұқымдас балықтарға арналған оңтайлы жем құрамын әзірлеу, ол организмнің физиологиялық қажеттіліктерін қанағаттандырып, балық ұнының үлесін азайту және жемді экономикалық жағынан тиімді етуге бағытталған.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Жемнің тағамдық құндылығын анықтау үшін оның құрамындағы ақуыздар, майлар, көмірсулар және макроэлементтерге талдау жүргізілді.

Албырт тұқымдас балықтардың (бахтах пен албырттың) физиологиялық қажеттіліктеріне жүргізілген талдау негізінде құрамында дәстүрлі және баламалы ақуыз-көмірсу көздері, сондай-ақ витаминді-минералды қоспалар бар жемнің құрамы әзірленді [7].

Прототип ретінде бахтахтарға арналған өндірістік 114-1 құрама жемі пайдаланылды. Оның құрамына балық ұны, ет-сүйек ұны, жемдік ашытқы, бидай ұны және қосымша компоненттер – фосфатидтер, меласса және 111-3 премиксі кіреді. Жаңа рецептурада балық ұнының бір бөлігі құс фабрикаларының қалдықтарынан алынған құс айдаршалары және ет-сүйек ұнына ауыстырылды. Бұл жемнің қоректік құндылығын төмендетпей, оның өзіндік құнын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік берді. Қызылша ұнының енгізілуі ас қорыту процесін жақсартып, көмірсулардың қосымша көзін қамтамасыз етеді және балықтың табиғи түстерінің айқындалуына ықпал етеді. 111-3 премиксі «Агроснаб» ЖШС-нің бахтахтарға арналған арнайы премиксімен алмастырылды, оның құрамына ФитаМакс 10 000G енгізілген. Бұл компонент өсімдік текті шикізатта фитат түрінде байланысқан фосфорды босатып, оның сіңімділігін арттырады. Сонымен қатар, фитаза кальцийдің, магнийдің, микроэлементтердің, шикі протеиннің және аминқышқылдардың қорытылуын жақсартады, сондай-ақ жемнің энергетикалық құндылығын арттырады.

Албырт және бахтахтарға арналған жемнің оңтайлы құрамы 1-кестеде көрсетілген, онда ингредиенттер мен олардың массалық үлесі егжей-тегжейлі берілген. Ол албырт тұқымдас балықтардың физиологиялық қажеттілігіне және аквамәдениет саласының стандарттық талаптарына сай әзірленді.

Кесте 1

Албырт және бахтахтарға арналған жемнің оңтайлы құрамы, кг

№	Компонент атауы	Рецептура, кг	
		Бақылау жемі 114-1	Тәжірибелік жем
1	Балық ұны	45	39
2	Ет-сүйек ұны	13	6,5
3	Құс айдаршалары	-	6,5
4	Жемдік ашытқы	15	15
5	Қызылша ұны	-	6
6	Бидай ұны	20	20
7	Жемдік фосфатидтер	3	3
8	Меласса	3	3
9	Премикс	1	1
	Барлығы	100	100

Бағалы кәсіптік балықтардың физиологиялық қажеттіліктерін ескере отырып, жем құрамында келесі ақуыз компоненттері қолданылды:

– балық ұны – ақуыздың негізгі көзі болып табылады және жемнің жоғары сіңімділігін қамтамасыз етеді;

– ет-сүйек ұны (құс фабрикаларының қалдықтары) және құс айдаршалары – қосымша ақуыздық компоненттер ретінде енгізіліп, жемнің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыруға мүмкіндік береді;

– жемдік ашытқы –100 г шикізатта 45,50% ақуыз және 33,60% көмірсу бар, бұл ас қорытуды жақсартып, жемнің энергетикалық құндылығын арттырады.

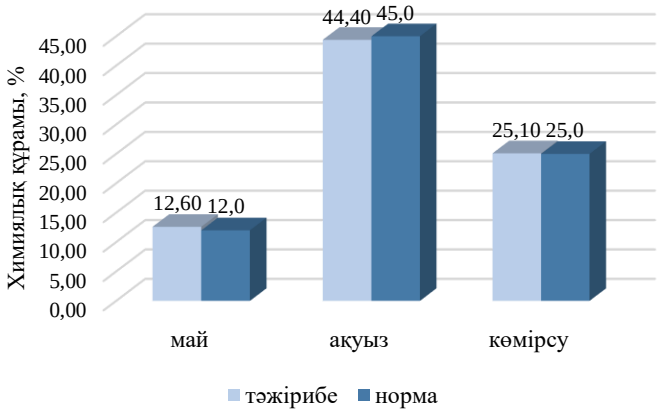
Көмірсу көздері ретінде қызылша ұны және бидай ұны қолданылды. Қызылша ұны 100 г шикізатта 61,60% көмірсу мен ішек денсаулығын қолдауға қажетті талшықтарды қамтиды. Ал бидай ұнында 100 г өнімде 50% көмірсу бар. Көмірсулардың мұндай деңгейі жемнің жалпы энергетикалық құндылығын арттырып, балықтың сіңімділігін жақсартуға көмектеседі.

Ақуыз және көмірсу компоненттерінен бөлек, жем рецептурасына функционалды қоспалар – жемдік фосфатидтер, меласса және премикс енгізілді [8]. Рецептурада мелассаны 3% мөлшерінде қолданудың қажеттілігі оның құрамында оңай сіңетін көмірсулардың (54,13%) көп болуымен түсіндіріледі, бұл жемге қосымша тартымдылық береді. Премикс жем құрамына 1% мөлшерінде қосылып, балықтың денсаулығын және өсуін қолдауға қажет витаминдер мен минералдардың кешені ретінде қызмет етеді. Сонымен қатар, премикс құрамында фосфордың сіңімділігін арттыратын фитаза ферменті бар, ол қоршаған ортаға түсетін фосфор шығарындыларын азайтады.

Жемнің химиялық құрамы Лисиннің матрицалық әдісі арқылы анықталды. Бұл әдіс деректердің ақпараттық матрицасын белгіленген өлшемдегі жолдар мен бағандар түрінде қалыптастыруға мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл есептеулердің көрнекілігін және қарапайымдылығын қамтамасыз етіп қана қоймай, рецептуралық күрделі тапсырмаларды да басқару үдерісінің жеделдігін жоғалтпай шешуге жағдай жасайды. Әдіске

мақсатты функция сияқты оңтайландыру операторларын енгізу нәтижесінде берілген қоректік сипаттамаларға ие, сонымен қатар өзіндік құны минимизацияланған жем рецептурасын әзірлеу мүмкін болды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Тәжірибелік өнімнің химиялық құрамын бағалау нәтижелері төменде берілген (1-сурет).



Сурет 1. Тәжірибелік өнімнің химиялық құрамы, %

1-суретте жем құрамындағы май (12,6%), ақуыз (44,4%) және көмірсулар (25,1%) мөлшері көрсетілген, олардың барлығы нормативтік стандарттарда көрсетілген диапазонға толық сәйкес келеді.

Бахтахтардың шабақтары мен тауарлық бахтахтарға арналған жемнің нормативтік талаптары 2 кестеде көрсетілген. Тәжірибелік жем осы талаптарға толық сәйкес келеді және балыққа теңгерімді қоректену деңгейін қамтамасыз етеді.

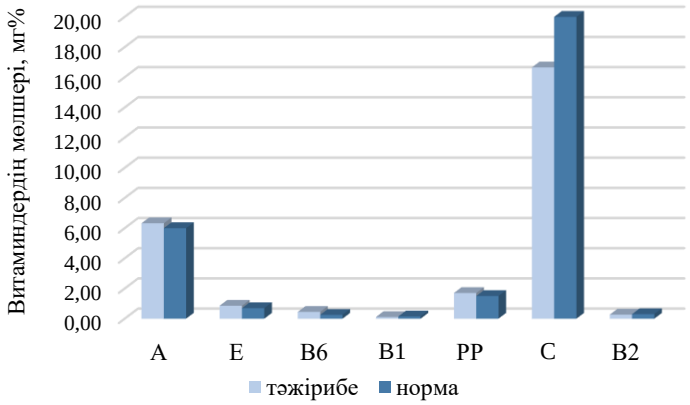
Кесте 2

Бахтахқа арналған жемдегі негізгі қоректік заттардың қажетті мөлшері, %

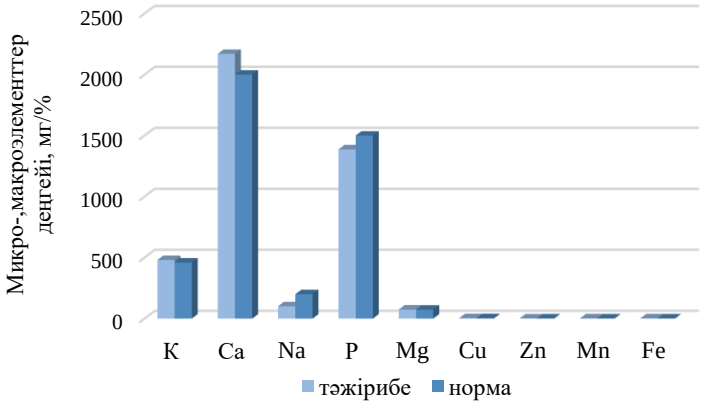
Ингредиенттер	Бастапқы жем (шабақтарға арналған)	Өндірістік жем (тауарлық бахтах үшін)
Ақуыз	45-53	38-45
Май	11-13	11-20
Көмірсулар	15-20	25-30
Талшық	1,5-2	3-5
Пайдалы қазбалар	10-12	10-15
Жалпы энергия, ккал/кг	4,5-5,0	4,0-4,5
Сіңімділікті қоса алғандағы энергия, кДж/кг	3,0-3,5	2,5-3,0

Төменде 2-суретте әзірленген жем құрамына кіретін витаминдердің пайыздық үлесі көрсетілген. Витаминдердің ішінде ең жоғары үлес С витаминіне (16,65%) тиесілі, ол балықтың иммундық жүйесін нығайтуда және өсу қарқынын арттыруда маңызды рөл атқарады. А витамині (6,32%) терінің, көздің және шырышты қабаттардың денсаулығын қолдауға көмектеседі. Витамин В тобының мөлшері келесідей: В1 – 0,11%; В2 – 0,27%; В6 – 0,45%; РР (ниацин) – 1,7%, ол қалыпты зат алмасуды қамтамасыз етеді. Е витамині (0,86%) антиоксиданттық қасиетке ие болып, балықты тотығу күйзелісінен қорғайды. Берілген көрсеткіштер жемнің витаминдік

құрамының теңгерімді екенін дәлелдейді және балықтың өсуінің әртүрлі сатыларындағы физиологиялық қажеттіліктерін толық қанағаттандырады.



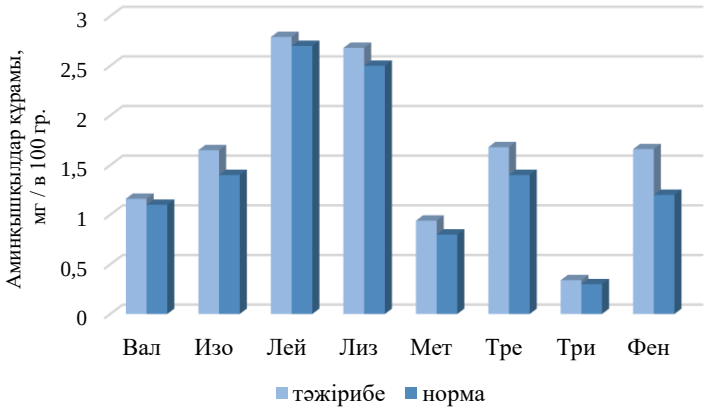
Сурет 2. Тәжірибелік жем құрамындағы витаминдердің мөлшері



Сурет 3. Жем құрамындағы макро- және микроэлементтердің физиологиялық нормаларға сәйкестігі, %

3-суретте бақылау және тәжірибелік жемдердегі макро- және микроэлементтердің салыстырмалы деңгейі көрсетілген. Тәжірибелік жем құрамында кальций мен фосфордың жоғары болуы балықтың қаңқа жүйесін нығайтуға, өсу қарқынын арттыруға және алмасу процестерін жақсартуға оң әсер етеді. Калий, натрий және магний деңгейлері бақылау жемімен салыстырғанда өзгеріссіз немесе аздаған ауытқулар шегінде қалып отыр. Микроэлементтердің (мыс, мырыш, марганец, темір) теңгерімді мөлшері тәжірибелік жемнің жоғары тағамдық құндылық талаптарына сәйкес келетінін көрсетеді. Бұл элементтер балықтың ферменттік белсенділігін қалыпты деңгейде ұстап, иммундық жүйесінің жұмыстарын қолдайды. Cu, Zn, Fe және Mn сияқты химиялық элементтер микродозада қажет болғанымен, балық тіршілігі үшін алмастырылмайтын заттар болып табылады. Олардың жетіспеушілігі өсу қарқынының төмендеуіне ғана емес, сонымен қатар әртүрлі физиологиялық және морфологиялық аномалиялардың пайда болуына әкелуі мүмкін [9].

Өнімнің 100 грамындағы алмастырылмайтын аминқышқылдар мөлшері 4-суретте берілген.



Сурет 4. Өнімнің 100 грамында көрсетілген алмастырылмайтын аминқышқылдар мөлшері, мг

Жемнің алмастырылмайтын аминқышқылдар бойынша құрамы нормативтік талаптарға толық сәйкес келеді және балыққа теңгерімді қоректену деңгейін қамтамасыз етеді. Лизин, метионин, треонин және аргинин секілді аминқышқылдардың оңтайлы мөлшері балықтың өсуі мен дамуын қолдайды, зат алмасу процестерінің тұрақтылығына және иммундық жүйенің қызметіне оң әсер етеді.

Балықтардың алмастырылмайтын аминқышқылдарға деген қажеттілігіне жасы мен салмағы, су температурасы, су тұздылығы, фотопериод, сондай-ақ жемдеу жиілігі мен деңгейі сияқты факторлар ықпал етуі мүмкін [10].

Күкүртті аминқышқылдардың, әсіресе метиониннің жоғары деңгейі, балықтағы ақуыз синтезін жақсартады, бұл өз кезегінде өсу мен даму қарқынына оң әсер етеді. Лейцин, изолейцин және валиннің жеткілікті мөлшері бұлшықет массасының белсенді түрде өсуіне ықпал етеді, бұл интенсивті өсіру жағдайында балық үшін өте маңызды көрсеткіш. Бұл аминқышқылдары жасушалар мен тіндердің қалыптасуына қажетті ақуыздардың құрылымдық блоктары болып табылады, сондай-ақ қалыпты зат алмасуды қамтамасыз етеді. Зерттеулер көрсеткендей, жемдегі алмастырылмайтын аминқышқылдардың (ААҚ) жетіспеушілігі балықтың өсуін баяулатуға, тәбеттің төмендеуіне және қоректік заттардың сіңімділігінің нашарлауына әкеледі, бұл олардың өнімділігі мен тіршілікке бейімділігіне айтарлықтай әсер етеді [11]. Бұл мәселе әсіресе акваөсіру жағдайындағы балықтар үшін өте маңызды, өйткені рациондағы аминқышқылдардың оңтайлы тепе-теңдігін сақтау тек өсуге ғана емес, олардың жалпы денсаулығына да тікелей әсер етеді. Мысалы, триптофан тапшылығы чавыча, нерка және кемпірқосақ бахтахтары сияқты түрлерде омыртқаның қисаюына және басқа да патологиялық ауытқуларға әкелуі мүмкін.

Сонымен қатар, балыққа арналған жемдегі аминқышқылдардың дұрыс қатынасы иммундық жүйені қолдауға және ауруларға төзімділікті арттыруға ықпал етеді. Күкіртті аминқышқылдар мөлшері жоғары аминқышқылдық қоспаларды қолдану балықтардың күйзеліс жағдайларына бейімделуін

жеңілдетеді, қабыну процестерін азайтады және инфекцияларға қарсы күресу қабілетін жақсартады.

Сондықтан осындай факторлардың барлығын ескеретін жем рецептураларын әзірлеу тиімді және тұрақты балық шаруашылығының ажырамас бөлігі болып табылады, бұл өз кезегінде балықты емдеу шығындарын төмендетіп, оның өнімділігін арттырады.

Осылайша, жемнің аминқышқылдық құрамы балықтың өсуі мен дамуы үшін ғана емес, олардың денсаулығы үшін де аса маңызды, сондай-ақ балық шаруашылықтарының жалпы ауруларға төзімділігін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады.

Анализ нәтижелері ұсынылған жем құрамының ақуыздардың (85%-ға дейін) және липидтердің (90%-ға дейін) жоғары сіңімділігін қамтамасыз ететінін көрсетті, бұл албырт тұқымдас балықтардың физиологиялық қажеттіліктеріне толық сәйкес келеді. Сонымен қатар, жем құрамындағы май, ақуыз және көмірсу деңгейлері ФАО/ДДСҰ ұсынған нормаларға сай, бұл оның теңгерімділігін дәлелдейді.

Фитазаны енгізу жем құрамындағы фосфордың жоғалуын азайтып, су айдындарының экологиялық жүктемесін төмендетуге мүмкіндік береді. Ет-сүйек ұнын қолдану балықтардың өсу қарқынына теріс әсер етпейді, ал балық ұнының үлесін азайту жемнің өзіндік құнын дәстүрлі құрамдармен салыстырғанда 10-15% төмендетуге ықпал етті.

Экономикалық тиімділік. Балық ұны мен ет-сүйек ұнының оңтайландырылған арақатынасы балықтың денсаулығын сақтауға және соңғы өнімнің органолептикалық қасиеттерін жақсартуға қажетті көп қанықпаған май қышқылдарының жеткілікті мөлшерін қамтамасыз етеді.

Экологиялық аспектілер. Балық ұнының үлесін азайту және фитазаны енгізу судың фосформен ластануын төмендетуге алып келді, бұл экологиялық тұрғыдан тұрақты балық шаруашылығына көшу жолындағы маңызды қадам болып табылады.

Қорытынды. Ұсынылған жем құрамы – балық ұнына тәуелділікті азайтуға, қоректік заттардың биожетімділігін арттыруға және жемнің тиімділігін арттыратын инновациялық шешім болып табылады. Негізгі нәтижелер төмендегідей:

1. Жем құрамын оңтайландыру балықтың өсу қарқынына нұқсан келтірмей, оның өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік берді.
2. Балама ақуыз компоненттерін енгізу жемнің тағамдық құндылығына теріс әсер етпейді.
3. Фитаза қолдану фосфордың сіңімділігін арттырып, экологиялық жүктемені төмендетуге ықпал етеді.

Ұсынылған жем акваөсіруде кеңінен қолдануға жоғары әлеуетке ие, себебі ол өндіріс шығындарын азайтып, албырт пен бахтах өсірудің табыстылығын арттырады. Ол Қазақстан аквамәдениетінде ұлттық және халықаралық стандарттарына сәйкес дайындалған инновациялық өнім болмақ.

Алдағы зерттеулер шикізатты қайта өңдеу технологияларын әрі қарай жетілдіруге және жемнің балық денсаулығына әртүрлі жағдайларда әсерін бағалауға бағытталуы мүмкін. Мұндай технологияларды енгізу Қазақстанның балық шаруашылығы саласының дербестігін арттыруға және оның халықаралық нарықтағы позициясын нығайтуға маңызды үлес қосады.

Әдебиеттер тізімі

1. Singh P., Paul B. N., Giri S. S. Potentiality of new feed ingredients for aquaculture: A review // Agricultural Reviews. – 2018. – Vol. 39. – No. 4. – P. 282-291.
2. Сизенцов, А.Н. Повышение пищевых характеристик рыбы с использованием фитобиотиков и пробиотиков в кормлении (обзор) [Текст] / А.Н. Сизенцов, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // Аграрный вестник Урала. – 2023. – № 3 (232).
3. Бриндза, Я. Исследование состава, свойств и антиоксидантной активности активированного сока столовой свеклы [Текст] / Я. Бриндза // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2014. – № 4. – С. 30-35.
4. Гараев Ы. Химический состав и пищевая ценность свеклы / Ы. Гараев, П. Бегджанов, Т. Мырадова // Вестник науки. – 2023. – Т. 2. – № 10(67). – С. 349-352.
5. Подосокорская, О.А. Переработка отходов птицефабрик: современные подходы и перспективы [Текст] / О.А. Подосокорская // Auditorium. – 2017. – № 3 (15).
6. Попов, В.Н. Инновационные способы переработки биоотходов птицеводства [Текст] / В.Н. Попов, О.С. Корнеева, О.Ю. Искусных, А.Ю. Искусных // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – № 1 (83).
7. Liang Q., Yuan M., Xu L., Lio E., Zhang F., Mou H., Secundo F. Application of enzymes as a feed additive in aquaculture // Marine Life Science & Technology. – 2022. – Vol. 4, No. 2. – P. 208-221.
8. Воробьёв, В.И. Альтернативные источники получения аналогов рыбной муки [Текст] / В.И. Воробьёв, Е.В. Нижникова, О.Т. Лемперт, Н.П. Нефедова // Известия Казанского государственного технологического университета. – 2015. – № 38. – С. 74-82.
9. Барулин, Н.В. Аквакультура ценных видов рыб и ресурсосберегающие технологии [Текст]: учеб.-метод. пособие. В 3 ч. Ч. 1. Форелеводство. / Н.В. Барулин. – Горки: БГСХА, 2018. – 237 с.
10. Михайлов, А.В. Экологические аспекты кормления рыб в условиях аквакультуры [Текст] / А.В. Михайлов, Е.П. Кузнецова // Вестник экологической безопасности. – 2019. – Т. 5, № 1. – С. 45-51.
11. Кошак, Ж. Сухой гемоглобин в комбикормах для радужной форели [Текст] / Ж. Кошак, Н. Гадлевская, А. Кошак // Комбикорма. – 2017. – № 7-8. – С. 55-57.

Материал редакцияға 15.07.25 түсті, 22.10.25 қабылданды.

Л.А. Каимбаева[1], Н.Б. Исембердиева[1]

[1]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КОРМА ДЛЯ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТАМИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ

Аннотация. В статье описаны современные подходы к созданию кормов для лосося и форели, направленные на снижение себестоимости и улучшение качества. Основное внимание уделено замене дорогой рыбной муки более доступными белковыми компонентами – мясокостной и свекольной мукой, а также другими побочными продуктами. Проведен анализ питательной ценности корма и добавлены ферментные препараты, которые помогают лучше усваивать питательные вещества и снижают вред для окружающей среды. Экономические расчёты показали, что себестоимость корма снижается на 10-15 %, что делает его выгодным для местных хозяйств. Использование отечественного сырья также уменьшает зависимость от

импорта. Полученные данные подтверждают эффективность и актуальность предложенного подхода для устойчивого и экологически безопасного выращивания лососевых рыб.

Ключевые слова: инновационный корм, форель, мясокостная мука, свекольная мука, фитаза, аквакультура, экономическая эффективность.

L.A. Kaimbayeva[1], N.B. Issemberdiyeva[1]

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

OPTIMIZATION OF FEED COMPOSITION FOR SALMONID FISH ACCORDING TO NUTRITIONAL VALUE STANDARDS

Abstract. The article explores modern approaches to optimizing feed formulations for salmon and trout. It is shown that replacing fish meal with more accessible local agricultural by-products, such as meat and bone meal, beet meal, and others, can significantly reduce feed costs without negatively affecting fish growth and health. This also allows for diversification of the nutritional composition. The study analyzed the content of proteins, fats, carbohydrates, vitamins, and minerals in the developed feed. The inclusion of the enzyme phytase improved nutrient digestibility and reduced phosphorus emissions into the aquatic environment. A 10-15% reduction in production costs confirms the economic viability of this approach. Additionally, the use of locally sourced raw materials decreases dependence on imported ingredients and supports sustainable and environmentally safe aquaculture development.

Keywords: innovative feed, salmon, trout, meat and bone meal, beet meal, aquaculture, bioavailability, economic efficiency.

References

1. Singh P., Paul B. N., Giri S. S. Potentiality of new feed ingredients for aquaculture: A review // Agricultural Reviews. – 2018. – Vol. 39. – No. 4. – P. 282-291.
2. Sizentsov A.N., Miroshnikova E.P., Arinjanov A.E., Kilyakova Yu.V. Povishenie pishchevykh kharakteristik ryby s ispol'zovaniem fitobiotikov i probioticov v kormlenii (obzor) [Improvement of Fish Nutritional Characteristics Using Phytobiotics and Probiotics in Feeding: A Review] // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2023. – № 3 (232). [in Russian].
3. Brindza Ya. Issledovanie sostava, svoistv i antioksidantnoy aktivnosti aktivirovannogo soka stolovoy svekly [Study of Composition, Properties, and Antioxidant Activity of Activated Table Beet Juice] // echnology and Commodity Science of Innovative Food Products. – 2014. – No. 4. – P. 30-35. [in Russian].
4. Garaev Y., Begdzhanov P., Myradova T. Khimicheskiy sostav i pishchevaya tsennost' svekly [Chemical Composition and Nutritional Value of Beet] // Science Bulletin. – 2023. – Vol. 2, № 10(67). – P. 349-352. [in Russian].
5. Podosokorskaya O.A. Pererabotka othodov ptitsefabrik: sovremennye podkhody i perspektivy [Processing of Poultry Farm Waste: Current Approaches and Perspectives] // Auditorium. – 2017. – No. 3 (15). [in Russian].
6. Popov V.N., Korneyeva O.S., Iskusnykh O.Yu., Iskusnykh A.Yu. Innovatsionnye sposoby pererabotki bioothodov ptitsevodstva [Innovative Methods of Processing Poultry Bio-Waste] // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2020. – No. 1 (83). [in Russian].
7. Liang Q., Yuan M., Xu L., Lio E., Zhang F., Mou H., Secundo F. Application of enzymes as a feed additive in aquaculture // Marine Life Science & Technology. – 2022. – Vol. 4. – No. 2. – P. 208-221.

8. Vorobyov V.I., Nizhnikova E.V., Lempert O.T., Nefedova N.P. Alternativnye istochniki polucheniya analogov rybnoy muki [Alternative Sources for Production of Fishmeal Analogs] // Proceedings of Kazan State Technological University. – 2015. – № 38. – P. 74-82. [in Russian].
9. Barulin N.V. Akvakultura tsennykh vidov ryb i resursosberegayushchie tekhnologii [Aquaculture of Valuable Fish Species and Resource-Saving Technologies]: uch.-metod. posobie. In Vol. 3. Vol. 1. Trout Farming. – Gorki: BGSHA, 2018. – 237 p. [in Russian].
10. Mikhaylov A.V., Kuznetsova E.P. Ekologicheskie aspekty kormleniya ryb v usloviyakh akvakultury [Ecological Aspects of Fish Feeding in Aquaculture] // Bulletin of Environmental Safety. – 2019. – Vol. 5. – No. 1. – P. 45-51. [in Russian].
11. Koshak Zh., Gadlevskaya N., Koshak A. Sukhoy gemoglobin v kombikormakh dlya raduzhnoy foreli [Dry Hemoglobin in Compound Feed for Rainbow Trout] // Compound Feed. – 2017. – No. 7–8. – P. 55-57. [in Russian].

ҒТАМР 65.59.01

Н.К. Абильмажинова[1] – *негізгі автор*, ©
А.М. Таева[2], Я.М. Узаков[3],
Б.Ш. Джетписбаева[4], С.Е. Ибраимова[5]

[1,5]PhD, [2]Техн. ғылым. д-ры, профессор, [3]Академик, техн. ғылым. д-ры, профессор, [4]Ауыл шаруашылығы ғылым. канд.

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0001-7398-2242 [2]https://orcid.org/0000-0001-6663-4282*
[3]https://orcid.org/0009-0001-2878-7170 [4]https://orcid.org/0000-0002-0792-3903
[5]https://orcid.org/0000-0002-9439-7461

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

Алматы, Қазақстан

@ *[1]abilmazhinova85@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/MYKR1056

ТАБИҒИ АНТИОКСИДАНТТАРДЫ ҚОЛДАНЫП ЖАРТЫЛАЙ ЕТ ФАБРИКАТТАРЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ

Аңдатпа. Зерттеу нәтижелері жаңа «Жастар-L» жартылай ет фабрикаттарының сапалық сипаттамалары мен тағамдық құндылығының жоғары деңгейде екенін көрсетті. ҚР МемСТ Р 52675-2009 талаптарына сәйкес, бұл өнімдердегі ақуыздар, майлар және көмірсулардың мөлшері белгіленген нормаларға толық сай келеді. Сонымен қатар, жаңа өнімнің энергетикалық құндылығы дәстүрлі үлгілермен салыстырғанда 5,2%-ға төмендегені байқалды. Жартылай ет фабрикаттарының құрамына жылқы етін қосу аминқышқылдық құрамның төмендеуіне алып келмеген. Бұған қоса, шикізатқа 0,075% дигидрокверцетин (спирттік ерітіндіде), 0,05% аскорбин қышқылы және 0,02% токоферол қосу линол, линолен және арахидон қышқылдарының жиынтық мөлшерін 7,3%-ға арттырған. Сонымен қатар, аскорбин қышқылы (5 мг/%) мен токоферол (10 мг/%) енгізу арқылы өнімде С және Е дәрумендерінің болуы қамтамасыз етілді. Жалпы, бұл нәтижелер жаңа өнімнің биологиялық белсенді заттарға бай әрі сапалы екенін дәлелдейді.

Тірек сөздер: жылқы еті, жылқы етінің кесінділері, дигидрокверцетин, аскорбин қышқылы, токоферол, жартылай ет фабрикаттары.

Абильмажинова, Н.К. Табиғи антиоксиданттарды қолданып жартылай ет фабрикаттарының технологиясын жасау [Мәтін] / Н.К. Абильмажинова, А.М. Таева, Я.М. Узаков, Б.Ш. Джетписбаева, С.Е. Ибраимова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.96-105. https://doi.org/10.55956/MYKR1056

Кіріспе. Халықты отандық өндірістің ет өнімдерімен қамтамасыз ету деңгейінің өсуі Қазақстанның ет өнеркәсібінің басым бағыты болып табылады. Елдің азық-түлік нарығының құрамында ет нарығы халықтың тұрақты сұранысына және салыстырмалы түрде жоғары айналымға ие, ал баға-сапа арақатынасы бойынша таңдау кезінде бүгінде сапа жағынан асып түседі. Заманауи өмір ырғағы отандық өндірістің сапалы жартылай ет фабрикаттарының ассортиментін ұлғайту сұранысы артып келеді.

Тұтынушылық сұранысы жоғары қазы, шұжық, жая, бешбармақ, сірне, қуырдақ сияқты жылқы етінен жасалған ұлттық ет өнімдері жоғары сапалы жылқы етінен өндіріледі, ал бұл ретте пайда болған ет кесінділері (тримминг) негізінен шұжық өндірісінде пайдаланылады. Жылқы етінің кесінділерінен жартылай ет фабрикаттарының технологиясында қолданылмайды және осыған байланысты ет шикізатының ассортиментін кеңейту және ұтымды пайдалану үшін ғылыми қызығушылық тудырады.

Жылқы еті – адам ағзасына қажетті қоректік заттардың алуан түрін қамтитын, теңдестірілген және жоғары сіңімділігімен ерекшеленетін жоғары сапалы ет өнімі болып табылады [1].

Қазіргі уақытта Қазақстанда жылқы еті тағам рационында жетекші орындардың бірін алады. Әлемдік нарықта жылқы етіне деген сұраныстың өсуі байқалуда [2].

Жылқы еті құрамында дәрумендер, гормондар, ферменттер, ақуыздар, майлар және басқа да биологиялық белсенді қосылыстар бар, бұл оның адам ағзасына пайдалы және емдік қасиеттерге ие екендігін көрсетеді.

Жылқы еті мен майының тағамдық және емдік қасиеттері кеңінен танылған. Жылқы майы жоғары йодтық саны мен төмен балқу температурасына байланысты химиялық құрамы мен биологиялық құндылығы тұрғысынан басқа ауыл шаруашылығы жануарларының майларынан едәуір ерекшеленеді. Жылқы майының биологиялық құндылығы оның құрамындағы қанықпаған май қышқылдарының жоғары мөлшерімен, А дәруменінің болуымен және холестериннің төмен деңгейімен сипатталады. Жылқы еті аминқышқылдық құрамы бойынша жақсы теңдестірілген, жоғары мөлшерде толыққанды ақуызды қамтитын, жеңіл сіңірілетін диеталық ет болып табылады. Жылқы майы жануарлар мен өсімдік майларының арасындағы аралық топты құрай отырып, өт айдағыш қасиеттерімен сипатталады. Жылқы етінің құрамы ағзадағы холестерин деңгейін төмендетуге ықпал етіп, зат алмасу үдерісін реттеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ол семіздікті емдеу мақсатында диетотерапияда тиімді қолданылып, ағзаға қажетті микроэлементтерді, дәрумендерді және алмастырылмайтын май қышқылдарын қамтамасыз етеді [3].

Ет өнімдерінің сақтау мерзімін ұзарту мәселесі қазіргі уақытта ет өнеркәсібінің маңызды міндеттерінің бірі болып табылады. Ет өнімдерінің сақтау мерзімін ұзарту үшін қазіргі уақытта табиғи антиоксиданттар, яғни дигидрокверцетин, С дәрумені (аскорбин қышқылы) және Е дәрумені (токоферол) пайдаланылады.

Дигидрокверцетин (ДКГ) – бұл өсімдік текті табиғи антиоксидант, биофлавоноид. Ол бұталы өсімдіктердің фенолдық қосылыстарының құрамында кездеседі.

Қазіргі уақытта ғалымдар ДКГ-ді ет өңдеу өнеркәсібінде ет пен балықтың әртүрлі түрлерін, тартылған ет, ет консервілері мен шұжық өнімдерін өндіруде қолдану мүмкіндіктерін зерттеді. Бірқатар зерттеулер ет өнімдерінде дигидрокерцетинді қолдану дәм қасиеттерін, түс тұрақтылығын жақсартатынын, сонымен қатар жартылай ет фабрикаттарының сақтау мерзімін ұзарту үшін маңызды болып табылатын майлардың тотығуын тежейтінін көрсетті [4-11].

Сонымен қатар, басқа антиоксиданттармен әрекеттескенде ДКГ жоғары антиоксиданттық белсенділікті көрсете алады.

ДКГ шұжық өнімдерін сақтау кезінде пайда болатын биохимиялық үдерісті тежейді. Шұжық өнімдеріне ДКГ-ді қосу ашыту процесінде түзілетін тираминнің көбеюін тежеуге көмектеседі [12].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Ылғалдың массалық үлесін анықтау. Ылғалдың массалық үлесі МемСТ 33319-2015 бойынша үлгіні белгілі бір температурада тұрақты салмаққа дейін кептіруге негізделген. Кептіру алдында және одан кейінгі массаның айырмашылығы ылғалдың мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді [13].

Майдың массалық үлесін анықтау. Майдың массалық үлесі МемСТ 23042-2015 Сокслет әдісі бойынша қатты немесе сұйық үлгілерден еритін компоненттерді бөліп алу үшін қолданылатын аналитикалық экстракция әдісі. Ол Сокслет экстракторы деп аталатын арнайы аппаратты пайдаланып үздіксіз экстракция принципіне негізделген [14].

Кьельдал әдісімен ақуыздың массалық үлесін анықтау. Ақуыздың массалық үлесі МемСТ 25011-2017 бойынша үлгідегі органикалық заттардың минералдануына, содан кейін түзілген аммиак мөлшері бойынша азотты анықтауға негізделген [15].

Күлдің массалық үлесін анықтау. Күлдің массалық үлесі МемСТ 31727-2012 бойынша зерттелетін үлгіні (550+25)°С температурада кептіру, көмірлеу, күлдеу және кейіннен жалпы күлдің массалық үлесін анықтауға негізделген [16].

Крахмалды анықтау. Крахмалды анықтау МеМСТ 10574-2016 бойынша крахмалдың екі валентті мыспен Фелинг сұйықтығымен қышқылдық ортада гидролизі кезінде түзілетін моносахаридтердің альдегидтік топтарын тотықтыруға, мыс оксидін оксидке дейін тотықсыздандыруға және кейіннен йодометриялық титрлеуге негізделген [17].

B_1, B_2, B_3, B_5, B_6, С дәрумендерінің құрамын анықтау. Капиллярлық электрофорез (КЭФ) арқылы дәрумендердің құрамын МеМСТ 31483-2012 бойынша әртүрлі үлгілердің дәрумендік құрамын анықтау үшін қолданылатын электр өрісінде иондық және молекулалық заттарды бөлуге негізделген аналитикалық әдіс. Әдіс электр өрісінің әсерінен электролитпен толтырылған капиллярдағы иондар мен молекулалардың қозғалғыштығының айырмашылығына негізделген [18].

Е дәруменінің құрамын анықтау. Жоғары өнімді сұйық хроматография арқылы Е дәруменінің құрамын МеМСТ 12822-2014 бойынша фотометриялық (ультракүлгін аймақта) немесе жақсырақ флуориметриялық детекторы бар жоғары тиімді сұйық хроматография (ЖТСХ) үлгісінің ерітіндісіндегі а, р, у және 5-токоферолдарды анықтауға негізделген [19].

А дәруменін анықтау. А дәруменін анықтау МеМСТ 54635-2011 бойынша жоғары ажыратымдылықтағы сұйық хроматография сұйық фазадағы қоспаның құрамдас бөліктерін стационарлық фаза арқылы бөлуге негізделген. Майда еритін қосылыс ретінде А дәрумені хроматографиялық колоннамен әрекеттесу негізінде оқшауланады және бөлінеді [20].

Макро- және микроэлементтерінің құрамын анықтау. Атомдық абсорбциялық спектрометрия арқылы кальций, мыс, темір, магний, марганец, калий, натрий және мырыш құрамын МеМСТ 32343-2013 бойынша талданатын үлгіні қажет болған жағдайда (550±15)°С температурада муфельді пеште күлмен тұз қышқылында еріту, тұндыру және сүзу арқылы кремний қосылыстарын жою, содан кейін алынған ерітіндіні ацетилен-ауа жалынында атомизациялау [21].

Амин қышқылдарын анықтау. Капиллярлық электрофорез арқылы протеиногенді аминқышқылдарын анықтау МеМСТ Р 55569-2013 бойынша аминқышқылдарын бос формаларға ауыстыра отырып, қышқыл гидролизімен талдау үшін үлгіні ыдырату, аминқышқылдарының фенилтиокарбамоил (ФТК) туындыларын алу, оларды одан әрі бөлу және капиллярлық электрофорез әдісімен сандық анықтау [22].

Май қышқылдарының құрамын анықтау. Май қышқылдарының құрамын МеМСТ 34987-2023 бойынша шикізат пен тамақ өнімдерінен майды алдын-ала алуға, жеке май қышқылдарының метил эфирлерін алуға негізделген. Жеке май қышқылдарының метил эфирлері жалын ионизациясының детекторымен газ хроматографиясы арқылы бөлінеді. Алынған сигналдар (хроматограммадағы шыңдар) бірдей хроматографиялық жағдайларда алынған белгілі массалық концентрациясы бар стандартты заттардың ұстау уақыттарымен және сигнал мәндерімен салыстырылады [23].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ет өнімдерінің тағамдық құндылығы жоғары. Олар жануарлар ақуызы мен майына, аминқышқылдарына, қаныққан май қышқылдарына, минералдарға бай. Табиғи антиоксиданттарды қолдану жартылай ет фабрикаттарында жетіспейтін бірқатар биологиялық заттарды толықтыруға мүмкіндік береді.

«Жастар-L» жартылай ет фабрикаттарының сапалық сипаттамаларына әсерін зерттеу барысында келесі көрсеткіштер қарастырылды: химиялық қасиеттері, аминқышқылдық және май қышқылдық құрамы, сонымен қатар дәрумендер, макро- және микроэлементтер, сондай-ақ микробиологиялық көрсеткіштер. «Жастар-L» жартылай ет фабрикаттарының сапалық сипаттамалары 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Жартылай ет фабрикаттарының химиялық құрамы

Көрсеткіштердің атауы	ҚР МемСТ Р 52675-2009 бойынша жартылай ет фабрикаты	«Жастар-L» жартылай ет фабрикаты
Ылғалдың массалық үлесі, %	62,5±0,18	62,15±0,18
Ақуыздың массалық үлесі, %	16,5±0,13	17,4±0,13
Майдың массалық үлесі, %	17,5±0,09	15,8±0,09
Крахмалдың массалық үлесі, %	1,7±0,09	1,75±0,09
Күлдің массалық үлесі, %	1,8±0,10	1,9±0,10
Энергетикалық құндылығы: ккал	230,3	218,8

Бақылау және тәжірибелік үлгілердің химиялық көрсеткіштерінің салыстырмалы сипаттамалары аздап ерекшеленеді (1-кесте). Бақылау және тәжірибиелік үлгілерде ақуыздың, майдың концентрациясы аз мөлшерде өзгереді және бұл ҚР СТ талаптарына сәйкестігін көрсетеді. Жаңа «Жастар-L» жартылай ет фабрикаттарының энергетикалық құндылығы 5,2%-ға төмендеді.

Ет ақуыздарының биологиялық құндылығы олардың маңызды аминқышқылдарының құрамымен анықталады. «Жастар-L» жартылай ет фабрикаттарының биологиялық құндылығын сипаттау үшін аминқышқылдарының құрамы анықталды. 2-кестеде зерттелетін үлгілердің аминқышқылдарының құрамын салыстырмалы талдау тәжірибиелік үлгісінде олардың мөлшері бақылау үлгісіне қарағанда жоғары екенін көрсетеді.

Мысалы, бақылау үлгісінде алмастырылмайтын амин қышқылы лизиннің мөлшері 0,96% болса, ал тәжірибелік үлгіде оның концентрациясы 1,64% құрайды.

Кесте 2

Жартылай ет фабрикаттарының аминқышқылдық құрамы, %

Көрсеткіштердің атауы	ҚР МемСТ Р 52675-2009 бойынша жартылай ет фабрикаты	«Жастар-L» жартылай ет фабрикаты
Треонин	2,48±0,02	2,57±0,5
Валин	2,70±0,05	2,95±0,3
Метионин+цистин	1,89±0,3	2,01±0,5
Фенилаланин+тирозин	2,43±0,1	2,88±0,2
Изолейцин	2,59±0,4	3,40±0,1
Лизин	4,81±0,1	6,45±0,5
Триптофан	0,59±0,2	0,65±0,4

Жылқы етінің кесінділерін сиыр етімен бірге қолдану нәтижесінде дәстүрлі үлгімен салыстырғанда жаңа жартылай ет фабрикаттарының аминқышқылдық құрамы төмен болмағаны анықталды. Аминқышқылдарының мөлшері бастапқы шикізат пен олардың құрамындағы аминқышқылдарының арақатынасына байланысты (2-кесте).

Өнімдердегі жалпы май мөлшері, ең алдымен, олардың энергетикалық құндылығын сипаттайды. Алайда майлар тек ағза үшін энергия көзі ғана емес, сонымен қатар бірқатар физиологиялық функцияларды атқарады. Сондықтан зерттелетін жартылай ет фабрикаттарының қасиеттерін анықтайтын маңызды сипаттама оның май қышқылдық құрамы болып табылады. 3-кестеде бақылау және тәжірибелік үлгілердің май қышқылдық құрамын талдау нәтижелері келтірілген. Бұл көрсеткіш аминқышқылдық құраммен бірге өнімдердің биологиялық құндылығы туралы түсінік бере алады.

Кесте 3

Жартылай ет фабрикаттарының май қышқылдық құрамы, 100 г өнімге г

Көрсеткіштердің атауы	ҚР МемСТ Р 52675-2009 бойынша жартылай ет фабрикаты	«Жастар-L» жартылай ет фабрикаты
Алмастырылмайтын май қышқылдары	37,33±1,11	36,39±1,09
Моноқанықпаған май қышқылдары	44,63±1,39	45,94±1,37
Полиқанықпаған май қышқылдары	9,13±0,27	9,85±0,29
соның ішінде:		
линол	8,09±0,24	8,68±0,26
линолен	0,68±0,02	0,75±0,02
арахидон	0,36±0,01	0,42±0,01

Зерттеу нәтижесінде, «Жастар-L» жартылай ет фабрикаттары май қышқылдарының барлық топтарын қамтитыны анықталды: қаныққан май қышқылдары (пентадекан қышқылы), моноқанықпаған май қышқылдары (олеин қышқылы). ПҚМҚ (полиқанықпаған май қышқылдары) ішінде тағам өнімдерінің құрамында маңызды мәнге ие линол, линолен және арахидон қышқылдары бар. Олардың жиынтық мөлшері бақылау үлгісінде 9,13 г/100 г, ал тәжірибелік үлгіде 9,85 г/100 г құрады. Осылайша, ПҚМҚ мөлшері 7,3%-ға артқаны байқалды.

Осылайша, шикізат массасына шаққанда 0,075% мөлшерінде спирттік ерітіндідегі дигидрокверцетинді, 0,05% аскорбин қышқылын және 0,02% токоферолмен бірге жартылай ет фабрикаттарына қосу ҚР МемСТ Р 52675-2009 бойынша сиыр етінен жасалған жартылай ет фабрикаттармен салыстырғанда линол, линолен және арахидон қышқылдарының жиынтық мөлшері 7,3%-ға артқаны анықталды.

Жылқы мен сиыр етінде С және Е дәрумендері жетіспейді.B_1 (тиамин), B_2 (рибофлавин), B_3 (пантотен қышқылы), Н (биотин) дәрумендері көмірсу және май алмасуын реттеуге қатысады.

Бұл мәселені шешудің тиімді жолы – табиғи антиоксиданттармен байыту негізінде жүзеге асырылуы тиіс қолжетімді бағадағы жартылай ет фабрикаттарын әзірлеу. Жаңа «Жастар-L» жартылай ет фабрикаттарына С және Е дәруменін қосу арқылы жаңа өнімнің құрамы дәрумендерге байытылады.

Элементтердің биологиялық рөліне негізделген классификация бойынша ағзада кездесетін минералды элементтер 2 топқа бөлінеді:

1) өмірлік маңызды элементтер: Ca, P, K, Cl, Na, Zn, Mn, Mo, J, Se, S, Mg, Fe, Cu, Co;

2) шартты түрде қажетті элементтер: F, Si, Ti, V, Cr, Ni, As, Br, Sr, Cd.

Жартылай ет фабрикаттарының зерттелетін үлгілерінде маңызды минералдардың көп мөлшері бар екенін атап өткен жөн (4-кесте). Бақылау және тәжірибелік үлгілердің минералдық құрамының нәтижелерінде аз ғана айырмашылықтарға ие.

Кесте 4

Жартылай ет фабрикаттарындағы макро-микроэлементтер мен дәрумендердің құрамы

Көрсеткіштердің атауы	ҚР МемСТ Р 52675-2009 бойынша жартылай ет фабрикаты	«Жастар-L» жартылай ет фабрикаты
Макро- және микроэлементтер, мг/%		
N, натрий	39,42±1,18	32,55±0,97
K, калий	191,7±5,75	212,05±6,36
Ca, кальций	5,4±0,16	7,1±0,21
Mg, магний	13,5±0,40	13,75±0,41
P, фосфор	108±3,24	109,2±3,27
Fe, железо	1,566±0,04	1,755±0,05
Дәрумендер, мг/%		
A, ретинол	-	5±0,18
B_1, тиамин	0,0378±0,01	0,0425±0,01
B_2, рибофлавин	0,0972±0,02	0,071±0,02
PP, никотин қышқылы	2,7±0,08	6,03±0,09
C, аскорбин қышқылы	-	5±0,15
E, альфа токоферол	-	10±0,3

Зерттеу нәтижелері бойынша, «Жастар-L» жартылай ет фабрикаттарын бақылау үлгісімен салыстырғанда 5 мг/% мөлшерінде С дәрумені және 10 мг/% мөлшерінде Е дәрумені анықталды.

Қорытынды. Жаңа жартылай ет фабрикаттарындағы ақуыздардың, майлардың, көмірсулардың мөлшері ҚР МемСТ Р 52675-2009 талаптарына сәйкес келетіні көрсетілген. Жаңа «Жастар-L» жартылай ет фабрикаттарының энергетикалық құндылығы 5,2%-ға төмендеді.

Жылқы етінің кесінділерін сиыр етімен бірге қолдану нәтижесінде дәстүрлі үлгімен салыстырғанда жаңа жартылай ет фабрикаттарының аминқышқылдық құрамы төмен болмағаны анықталды.

Шикізат массасына шаққанда 0,075% мөлшерінде спирттік ерітіндідегі дигидрокверцетинді, 0,05% аскорбин қышқылын және 0,02% токоферолмен бірге жартылай ет фабрикаттарына қосу ҚР МемСТ Р 52675-2009 бойынша сиыр етінен жасалған жартылай ет фабрикаттарымен салыстырғанда линол, линолен және арахидон қышқылдарының жиынтық мөлшері 7,3%-ға артқаны анықталды.

5 мг/% мөлшерінде аскорбин қышқылы және 10 мг/% мөлшерінде токоферолды енгізу жаңа «Жастар-L» жартылай ет фабрикаттарындағы С және Е дәруменінің болуы анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Атамбаева, Ж.М. Изучение пищевой и биологической ценности жира конины [Текст] / Ж.М. Атамбаева [и др.]. – 2017.
2. Абдрахманов, С.К. Эпизоотическая ситуация и районирование территории Акмолинской области по степени биологической безопасности при сибирской язве [Текст] / С. К. Абдрахманов [и др.]. – [?].
3. Донченко, Л.В. Безопасность пищевой продукции [Текст]: в 2 ч. Ч. 2 / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – 2019.
4. Насонова, В.В. Сравнительные исследования эффективности антиокислителей [Текст] / В.В. Насонова, Е.К. Туниева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9. – № 3(30). – С. 563-569.
5. Ivanov G.Y. et al. Effect of treatment with natural antioxidant on the chilled beef lipid oxidation // Advance Journal of Food Science and Technology. – 2010. – Vol. 2. – No. 4. – P. 213-218.
6. Bakalivanova T., Kaloyanov N. Effect of taxifolin, rosemary and synthetic antioxidants treatment on the poultry meat lipid peroxidation // Trends in Food Science and Technology. – 2012. – Vol. 65. – P. 161-168.
7. Kuzmina N.N., Petrov O.Y., Savinkova E.A. Influence of natural antioxidants on quality indicators of semi-finished products from meat of broilers // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 421. – No. 2. – P. 022074.
8. Vlahova-Vangelova D.B. et al. Reduction of nitrites addition in cooked sausages from phytonutrient supplemented pork. – 2020.
9. Li Y., Tang Z., Liu L., Ma L., Liu D. Antioxidant effect of dihydroquercetin on lard meat patties added with glycerol // Food Industry. – 2021. – Vol. 6. – P. 264-268.
10. Semenova A.A. et al. PSIII-17 Program Chair Poster Pick: A study on the effect of dihydroquercetin added into a diet of growing pigs on meat quality // Journal of Animal Science. – 2020. – Vol. 98. – Suppl. 4. – P. 364-364.
11. Abilmazhinova N. et al. Optimization of the oxidative stability of horse minced meat enriched with dihydroquercetin and vitamin C as a new functional food // Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences. – 2020. – Vol. 73. – No. 7. – P. 1033-1040.
12. Rokaityte A. et al. Effect of taxifolin on physicochemical and microbiological parameters of dry-cured pork sausage // Czech Journal of Food Sciences. – 2019. – Vol. 37. – No. 5. – P. 366-373.
13. ГОСТ 33319-2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги [Текст]. – Введ. 2016-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 9 с.
14. ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения жира [Текст]. – Введ. 2017-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 17 с.
15. ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка [Текст]. – Введ. 2018-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 16 с.

16. ГОСТ 31727–2012 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы [Текст]. – Введ. 2013-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
17. ГОСТ 10574-2016 Продукты мясные. Методы определения крахмала [Текст]. – Введ. 2018-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 19 с.
18. ГОСТ 31483-2012 Премиксы. Определение содержания витаминов методом капиллярного электрофореза [Текст]. – Введ. 2013-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 21 с.
19. ГОСТ 12822-2014 Продукты пищевые. Определение содержания витамина Е методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [Текст]. – Введ. 2016-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 16 с.
20. ГОСТ 5463512011 Продукты пищевые функциональные. Метод определения витамина А [Текст]. – Введ. 2013-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
21. ГОСТ 32343-2013 Определение состава макро- и микроэлементов [Текст]. – Введ. 2015-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 21 с.
22. ГОСТ Р 55569-2013 Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза [Текст]. – Введ. 2015-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 18 с.
23. ГОСТ 34987-2023 Мясо и мясные продукты. Методы определения жирнокислотного состава [Текст]. – Введ. 2024-01-01. – Москва: Российский институт стандартизации, 2023. – 13 с.

Материал редакцияға 30.07.25 түсті, 08.12.25 қабылданды.

Н.К. Абильмажинова[1], А.М. Таева[1], Я.М. Узаков[1], Б.Ш. Джетписбаева[1], С.Е. Ибраимова[1]

[1]Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ В РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ МЯСА

Аннотация. Результаты исследования показали, что новые полуфабрикаты из мяса под торговым наименованием «Жастар-L» обладают высокими качественными характеристиками и пищевой ценностью. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 52675-2009, содержание белков, жиров и углеводов в продукции полностью соответствует установленным нормам. Кроме того, энергетическая ценность нового продукта снизилась на 5,2% по сравнению с традиционными образцами. Включение конины в состав полуфабрикатов не привело к снижению аминокислотного профиля. Добавление к сырью 0,075% дигидрокверцетина (в спиртовом растворе), 0,05% аскорбиновой кислоты и 0,02% токоферола способствовало увеличению общего содержания линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот на 7,3%. Кроме того, за счёт внесения аскорбиновой кислоты (5 мг/%) и токоферола (10 мг/%) в составе продукта были обеспечены витамины С и Е. В целом, полученные данные подтверждают, что разработанный продукт обладает высоким качеством и обогащён биологически активными веществами.

Ключевые слова: конина, мясные вырезки из конины, дигидрокверцетин, аскорбиновая кислота, токоферол, мясные полуфабрикаты.

N.K. Abilmazhinova[1], A.M. Taeva[1], Ya.M. Uzakov[1], B.Sh. Jetpisbayeva[1], S.E. Ibraimova[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS USING NATURAL ANTIOXIDANTS

Abstract. The results of the study demonstrated that the new semi-finished meat products under the trade name “ZhasStar-L” possess high quality characteristics and nutritional value. In accordance with the requirements of GOST R 52675-2009, the contents of proteins, fats, and carbohydrates in the products fully comply with the established standards. Additionally, the energy value of the new product was found to be 5.2% lower compared to traditional samples. The inclusion of horse meat in the formulation did not lead to a decrease in the amino acid profile. The addition of 0.075% dihydroquercetin (in alcoholic solution), 0.05% ascorbic acid, and 0.02% tocopherol to the raw materials increased the total content of linoleic, linolenic, and arachidonic acids by 7.3%. Furthermore, the introduction of ascorbic acid (5 mg/%) and tocopherol (10 mg/%) ensured the presence of vitamins C and E in the product. Overall, the findings confirm that the newly developed product is of high quality and enriched with biologically active compounds.

Keywords: horse meat, horse meat cuts, dihydroquercetin, ascorbic acid, tocopherol, meat semi-finished products.

References

1. Atambaeva Zh.M. et al. Izuchenie pishchevoi i biologicheskoi tsennosti zhira koniny [Study of the nutritional and biological value of horse fat]. – 2017. [in Russian].
2. Abdrakhmanov S.K. et al. Epizooticheskaya situatsiya i raionirovanie territorii Akmolinskoi oblasti po stepeni biologicheskoi bezopasnosti pri sibirskoi yazve [Epizootic situation and zoning of Akmola region by the level of biological safety for anthrax]. – [?]. [in Russian].
3. Donchenko L.V., Nadykta V.D. Bezopasnost pishchevoi produktsii [Food product safety]: In 2 parts. Part 2. – 2019. [in Russian].
4. Nasonova V.V., Tunieva E.K. Sravnitelnye issledovaniya effektivnosti antiokislitelei [Comparative studies of antioxidant efficiency] // University Proceedings. Applied Chemistry and Biotechnology. – 2019. – Vol. 9. – No. 3(30). – P. 563-569. [in Russian].
5. Ivanov G.Y. et al. Effect of treatment with natural antioxidant on the chilled beef lipid oxidation // Advance Journal of Food Science and Technology. – 2010. – Vol. 2. – No. 4. – P. 213-218.
6. Bakalivanova T., Kaloyanov N. Effect of taxifolin, rosemary and synthetic antioxidants treatment on the poultry meat lipid peroxidation // Trends in Food Science and Technology. – 2012. – Vol. 65. – P. 161-168.
7. Kuzmina N.N., Petrov O.Y., Savinkova E.A. Influence of natural antioxidants on quality indicators of semi-finished products from meat of broilers // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 421. – No. 2. – P. 022074.
8. Vlahova-Vangelova D.B. et al. Reduction of nitrites addition in cooked sausages from phytonutrient supplemented pork. – 2020.
9. Li Y., Tang Z., Liu L., Ma L., Liu D. Antioxidant effect of dihydroquercetin on lard meat patties added with glycerol // Food Industry. – 2021. – Vol. 6. – P. 264-268.

10. Semenova A.A. et al. PSIII-17 Program Chair Poster Pick: A study on the effect of dihydroquercetin added into a diet of growing pigs on meat quality // Journal of Animal Science. – 2020. – Vol. 98. – Suppl. 4. – P. 364-364.
11. Abilmazhinova N. et al. Optimization of the oxidative stability of horse minced meat enriched with dihydroquercetin and vitamin C as a new functional food // Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences. – 2020. – Vol. 73. – No. 7. – P. 1033-1040.
12. Rokaityte A. et al. Effect of taxifolin on physicochemical and microbiological parameters of dry-cured pork sausage // Czech Journal of Food Sciences. – 2019. – Vol. 37. – No. 5. – P. 366-373.
13. GOST 33319–2015. Myaso i myasnye produkty. Metod opredeleniya massovoi doli vlagi [Meat and meat products. Method for determining moisture content]. – Introduced. 2016-07-01. – Moscow: Standartinform, 2019. – 9 p. [in Russian].
14. GOST 23042–2015. Myaso i myasnye produkty. Metody opredeleniya zhira [Meat and meat products. Methods for determining fat content]. – Introduced. 2017-01-01. – Moscow: Standartinform, 2019. – 17 p. [in Russian].
15. GOST 25011–2017. Myaso i myasnye produkty. Metody opredeleniya belka [Meat and meat products. Methods for determining protein content]. – Introduced. 2018-07-01. – Moscow: Standartinform, 2018. – 16 p. [in Russian].
16. GOST 31727–2012. Myaso i myasnye produkty. Metod opredeleniya massovoi doli obshchei zoly [Meat and meat products. Method for determining total ash content]. – Introduced. 2013-07-01. – Moscow: Standartinform, 2013. – 12 p. [in Russian].
17. GOST 10574–2016. Produkty myasnye. Metody opredeleniya krakhmala [Meat products. Methods for determining starch content]. – Introduced. 2018-01-01. – Moscow: Standartinform, 2019. – 19 p. [in Russian].
18. GOST 31483–2012. Premiksy. Opredelenie soderzhaniya vitaminov metodom kapillyarnogo elektroforeza [Premixes. Determination of vitamin content by capillary electrophoresis]. – Introduced. 2013-07-01. – Moscow: Standartinform, 2012. – 21 p. [in Russian].
19. GOST 12822–2014. Produkty pishchevye. Opredelenie soderzhaniya vitamina E metodom VZhK [Food products. Determination of vitamin E content by HPLC]. – Introduced. 2016-01-01. – Moscow: Standartinform, 2015. – 16 p. [in Russian].
20. GOST 54635–2011. Produkty pishchevye funktsionalnye. Metod opredeleniya vitamina A [Functional food products. Method for determining vitamin A]. – Introduced. 2013-01-01. – Moscow: Standartinform, 2019. – 12 p. [in Russian].
21. GOST 32343–2013. Opredelenie sostava makro- i mikroelementov [Determination of macro- and microelement composition]. – Introduced. 2015-07-01. – Moscow: Standartinform, 2014. – 21 c. [in Russian].
22. GOST R 55569–2013. Opredelenie proteinogennykh aminokislot metodom kapillyarnogo elektroforeza [Determination of proteinogenic amino acids by capillary electrophoresis]. – Introduced. 2015-07-01. – Moscow: Standartinform, 2014. – 18 p. [in Russian].
23. GOST 34987–2023. Myaso i myasnye produkty. Metody opredeleniya zhirnokislotnogo sostava [Meat and meat products. Methods for determining fatty-acid composition]. – Introduced. 2024-01-01. – Москва: Российский институт стандартизации, 2023. – 13 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.53.03

Д.А. Тлевлесова[1] – *негізгі автор*, ©
С.Т. Азимова[2], М.Ж. Кизатова[3], Н.К. Ахметова[4], Ф.А. Махмудов[5]

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

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0002-5084-6587 [2]https://orcid.org/0000-0002-8992-8889
[3]https://orcid.org/0000-0002-6481-7410 [4]https://orcid.org/0000-0001-7453-2200
[5]https://orcid.org/0000-0002-7791-1588

[1,2,4]Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
[3]С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Алматы, Қазақстан
[5]Халықаралық инженерлік-техникалық университет, Алматы, Қазақстан

@ *[1]tlevlessova@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/GMBW3326

АЛМА СЫҒЫНДЫСЫ НЕГІЗІНДЕГІ ДЕТОКСИКАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТКЕ ИЕ ҰНТАҒЫН ЖАСАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аңдатпа. Алма сығындысы негізінде детоксикациялық қасиеттері бар ұнтақты алу технологиясы әзірленді. Табиғи сорбенттерді қолданумен жүргізілген жұмсақ кептіру тағамдық талшықтар мен фенолдық қосылыстардың құрамын сақтап қана қоймай, олардың мөлшерін арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Зерттеу нәтижесінде антиоксиданттық белсенділік 34%-ға, ал Pb^{2+} және Cd^{2+} иондарын сіңіру қабілеті тиісінше 50% және 49%-ға артқаны анықталды. Өнімнің жарықтылығының жоғарылауы мен ащылықтың жойылуы секілді түс және органолептикалық сипаттамалар жақсарды. Ұсынылған технология өсімдік талшығын тұрақтандыру және функционалдандыру тұрғысынан тиімді екенін көрсетті. Алынған нәтижелер детоксикациялық талшықты функционалды тағам өнімдерінде пайдаланудың жоғары әлеуетін дәлелдейді.

Тірек сөздер: алма сығындысы, детоксикация, тағамдық талшық, антиоксиданттар, сорбциялық қабілет, полифенолдар, кептіру, функционалды өнімдер, ауыр металдар, органолептикалық қасиеттер.

Тлевлесова, Д.А. Алма сығындысы негізіндегі детоксикациялық қасиетке ие ұнтағын жасау технологиясы [Мәтін] / Д.А. Тлевлесова, С.Т. Азимова, М.Ж. Кизатова, Н.К. Ахметова, Ф.А. Махмудов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.106-112. https://doi.org/10.55956/GMBW3326

Кіріспе. Тамақ өнеркәсібінің қосалқы өнімдерін қайта өңдеудің басым бағыттарының бірі – тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары функционалды ингредиенттерді алу болып табылады. Шырын өндірісінде түзілетін алма сығындысы тағамдық талшықтардың (13,5-14,6% еритін және 33,8% ерімейтін) және полифенолдық қосылыстардың бағалы көзі болып саналады [1]. Бұл компоненттер антиоксиданттық және детоксикациялық белсенділікке ие, сондықтан сығындыны қалдық емес, жоғары қосылған құнға ие шикізат ретінде қарастыруға болады [2].

Алайда кептіру мен сақтау кезінде алма сығындысында қараю, фенолдық қосылыстардың тотығуы, антиоксиданттық әлеуеттің төмендеуі және органолептикалық қасиеттердің нашарлауы байқалады [3]. Мұның себебі – полифенолоксидазаның белсенділігі мен орто-хинондардың жиналуы, нәтижесінде тотығу-қараю реакцияларының тізбегі жүреді.

Қазіргі зерттеулер алма сығындысын өңдеу кезінде түс пен антиоксиданттарды сақтау үшін түрлі тәсілдерді ұсынады. Мысалы, [1] еңбегінде дегидроаскорбин қышқылының түс тұрақтылығын және антиоксиданттардың сақталуын қамтамасыз ететіні көрсетілген. Сонымен қатар, өсімдік тектес PPO-ингибиторлар мен микромөлшерлі сульфиттік өңдеулердің тиімділігі дәлелденген [4,5]. Алма сығындысын тағам өнімдеріне енгізу олардың тағамдық құндылығын арттырумен қатар, қабыну және тотығу стрессімен байланысты метаболикалық бұзылыстардың алдын алуға ықпал етеді [2].

Демек, табиғи сорбенттер мен антиоксиданттық өңдеуді қолдана отырып, алма сығындысынан детоксикациялық талшық алу технологиясын әзірлеу – Zero Waste тұжырымдамасына және тұрақты даму қағидаттарына сай келетін өзекті бағыт.

Зерттеу шарттары мен әдістері. *Материалдар.* Негізгі шикізат ретінде алма сығындысы, сондай-ақ «Түлкібас жеміс-жидектері» кәсіпорнында шырын өндірісі кезінде алынған алмұрт және өрік сығындылары пайдаланылды. Шикізат өңделген күні іріктеліп алынып, 4 ± 1°C температурада зертханаға жеткізілді.

Шикізатты дайындау. Сығынды қалдық қанттар мен ферменттерден тазарту мақсатында ауыз сумен жуылды. Қараюдың алдын алу үшін 0,5% лимон қышқылы ерітіндісімен өңделді. Артық ылғал 2 мм тесігі бар електен өткізілді.

Кептіру жағдайлары. Кептіру 40-50°C температурада зертханалық дегидраторда жүргізілді, соңғы ылғалдылық 5-7% деңгейінде (термогравиметриялық әдіс). Кей үлгілерде вакуумдық кептіру 0,08 МПа қалдық қысымда жүзеге асырылып, фенолдық қосылыстардың ыдырауын азайтты. Кептірілген өнім 20-22°C температурада салқындатылып, көпқабатты полимерлі қаптамада сақталды.

Сорбенттермен байыту. Кептірілген сығынды 100-200 мкм фракцияға дейін ұнтақталып, табиғи сорбенттермен араластырылды: зығыр күнжарасы, жеміс сүйектерінен алынған активтелген көмір, ұнтақталған сүйектер, көк шай экстракты және аскорбин қышқылы.

Зерттеу әдістері:

– Ылғал мөлшері – ГОСТ 13586.5-93 бойынша;

– Тағамдық талшықтар – AOAC 991.43 әдісімен (энзим-гравиметриялық);

– Жалпы фенолдар – Фолин-Чокальтеу әдісімен, нәтижелер галл қышқылы (ГҚ) эквивалентінде;

– Антиоксиданттық белсенділік – капиллярлық электрофорез («Капель»);

– Сорбциялық қабілет – Pb^{2+} және Cd^{2+} иондарын атомдық-абсорбциялық спектроскопия әдісімен;

– Органолептикалық баға – ГОСТ ISO 6658-2016.

Барлық өлшеулер үш қайталауда (n=3) жүргізілді. Мәліметтер орташа ± стандартты ауытқу түрінде берілді. Статистикалық талдау: Шапиро-Уилк, Левен сынамалары, ANOVA + Tukey HSD ($p < 0,05$). Нормалдылық бұзылған

жағдайда Манн-Уитни және Краскел-Уоллис сынамалары қолданылды. Есеп Statistica 12.0 бағдарламасында орындалды.

Зерттеу нәтижелері. *Физика-химиялық көрсеткіштер.* Бастапқы алма сығындысында 78,5% ылғал, 46,2% тағамдық талшық (13,6% еритін және 33,8% ерімейтін) және 8,1 мг/г фенолдық қосылыстар болды. Жұмсақ кептіру және сорбенттермен байыту нәтижесінде алынған өнімде талшық пен антиоксидант мөлшері артты (1-кесте).

Кесте 1

Үлгілердің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Кептірілген талшық (бақылау)	Детокс-талшық (тәжірибе)
Тағамдық талшықтар, %	$48,5 \pm 0,9^a$	$53,4 \pm 1,1^b$
Еритін талшықтар, %	$13,1 \pm 0,4^a$	$15,4 \pm 0,5^b$
Ерімейтін талшықтар, %	$35,4 \pm 0,7^a$	$38,0 \pm 0,8^b$
Жалпы фенолдар, мг ГҚ/г	$6,9 \pm 0,2^a$	$9,8 \pm 0,3^b$

Ескерту: бір жолдағы әртүрлі әріптермен белгіленген мәндер статистикалық айырмашылыққа ие (ANOVA + Tukey, $p < 0,05$).

Детокс-талшықтағы тағамдық талшықтың үлесі 10,1% артқан. Фенолдық қосылыстардың мөлшері 42%-ға жоғары болды.

Антиоксиданттық белсенділік. Антиоксиданттық белсенділік DPPH• әдісі арқылы анықталып, нәтижелер тролокс эквивалентінде 100 г құрғақ затқа шаққандағы мәнде (ммоль ТЭ/100 г қ.з.) берілді. Талдау нәтижелері бақылау және детокс-талшық үлгілерінің арасында айқын айырмашылықтар бар екенін көрсетті (2-кесте).

Кесте 2

Үлгілердің антиоксиданттық белсенділігі

Үлгі	Антиоксиданттық белсенділік, ммоль ТЭ/100 г қ.з.	DPPH• радикалын ингибирлеу, %
Кептірілген талшық (бақылау)	$3,12 \pm 0,07$	$47,3 \pm 1,1$
Детокс-талшық (тәжірибе)	$4,18 \pm 0,09$*	$63,4 \pm 1,4$

Ескерту: бақылау үлгісімен салыстырғанда айырмашылықтар статистикалық тұрғыдан мәнді ($p < 0,05$).

Детокс-талшықтың антиоксиданттық белсенділігі 4,18 ммоль ТЭ/100 г қ.з. құрады, бұл бақылау үлгісіне қарағанда шамамен 34%-ға жоғары (3,12 ммоль ТЭ/100 г қ.з.). DPPH• радикалын ингибирлеу пайызының артуы (63,4% қарсы 47,3%) 1-кестеде келтірілген фенолдық қосылыстар мөлшерінің ұлғаюымен өзара сәйкес келеді. Бұл деректер қолданылған детоксикациялық модификация технологиясы өнімді антиоксиданттық қасиеттері бар биологиялық белсенді қосылыстармен байытуға ықпал ететінін және оның функционалды тағамдық құндылығын арттыратынын дәлелдейді.

Сорбциялық қабілет. Ауыр металл иондарын байланыстыру қабілеті статикалық сорбция әдісімен анықталды ($n = 3$).

Қорғасын иондары (Pb^{2+}) үшін детокс-талшықтың сорбциялық қабілеті $18,7 \pm 0,9$ мг/г құрады, бұл бақылау үлгісінен ($12,4 \pm 0,6$ мг/г) айтарлықтай

жоғары болды ($p < 0,001$). Бұл көрсеткіш бақылау үлгісіне қатысты 50%-дық өсімді білдіреді ($t(4) = 11,27$, Cohen's $d = 5,03$, әсер көлемі – өте жоғары).

Кадмий иондары (Cd^{2+}) үшін де ұқсас үрдіс байқалды: детокс-талшықтағы мән 14,5 ± 0,7 мг/г, ал бақылау үлгісінде – 9,7 ± 0,5 мг/г ($p < 0,001$), яғни салыстырмалы өсім +49% ($t(4) = 10,96$, Cohen's $d = 4,90$, әсер көлемі – өте жоғары).

Детокс-талшықтың жоғары сорбциялық белсенділігі оның құрамындағы лигнин мен фенол гидроксил топтарының жоғары болуымен, сондай-ақ ауыр металл катиондарын хелаттау және адсорбциялау қабілеті бар активтелген көмір бөлшектерінің болуымен түсіндіріледі. Осындай механизмдер өсімдік тектес лигноцеллюлозалық сорбенттер үшін де сипатталған [6,7].

Түс сипаттамалары және органолептикалық бағалау. Түс параметрлері CIE Lab* жүйесі бойынша анықталды ($n = 3$).

Тәжірибелік үлгіде жарықтылықтың L* көрсеткіші 68,5 ± 0,8 құрап, бақылауға қарағанда (63,2 ± 0,9, $p < 0,01$) 8,4%-ға жоғары болды. a* (қызыл реңк) көрсеткіші 6,8 ± 0,4-тен 4,2 ± 0,3-ке дейін төмендеді (–38%, $p < 0,001$), ал b* (сарғылт реңк) 19,4 ± 0,5-тен 17,8 ± 0,4-ке дейін азайды (–8,2%, $p < 0,05$).

Органолептикалық талдау нәтижелері бойынша, детокс-талшық ашық қоңыр түсті, біртекті ұнтақ құрылымына ие, табиғи жеміс хош иісі бар және жұмсақ тәтті-қышқыл дәмімен сипатталды. Ащылық байқалмады. [1,7] ұсынған модификацияланған антиоксиданттық өңдеу әдісін қолдану табиғи түсті сақтауға және тотығу нәтижесінде болатын қараюды барынша азайтуға мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, жұмсақ кептіру мен табиғи сорбенттермен (зығыр күнжарасы, жеміс сүйектерінен алынған активтелген көмір, ұнтақталған сүйектер, көк шай экстракты, аскорбин қышқылы) байыту технологиясы физика-химиялық, функционалдық және органолептикалық сипаттамалары жақсартылған өнім алуға мүмкіндік береді.

Физика-химиялық көрсеткіштер. Детокс-талшықтағы тағамдық талшықтардың мөлшерінің бақылау үлгісіне қарағанда 10,1%-ға артуы зығыр күнжарасы мен сүйек шикізатынан енген лигноцеллюлозалық компоненттердің әсерімен түсіндіріледі. Бұл заттар жоғары сорбциялық белсенділікке ие және қосымша су байланыстыру қабілетімен ерекшеленеді. Фенолдық қосылыстардың (6,9-дан 9,8 мг ГҚ/г дейін) артуы антиоксиданттық қоспалар мен төмен температуралы кептірудің тиімділігін дәлелдейді. Бұл нәтижелер [8], сондай-ақ [9] еңбектеріндегі мәліметтермен сәйкес келеді, онда төмен температурада кептіру биологиялық белсенді заттардың сақталуына ықпал ететіні көрсетілген.

Антиоксиданттық белсенділік. DPPH• радикалын ингибирлеу көрсеткішінің 34%-ға артуы полифенолдық қосылыстардың жиналу немесе сақталу деңгейінің жоғары екенін дәлелдейді. Бұл деректер [7] зерттеулерімен сәйкес келеді, онда катехиндер мен фенолдық қышқылдарға бай өсімдік экстракттарын енгізу талшықты өнімдердің антиоксиданттық әлеуетін айтарлықтай арттыратыны анықталған.

Сорбциялық қабілет. Детокс-талшықтың Pb^{2+} (+50 %) және Cd^{2+} (+49%) иондарын сіңіру қабілетінің жоғарылауы (Cohen's $d > 4,9$) өнімнің детоксикациялық тағамдар құрамында қолдануға болатын жоғары практикалық маңызын көрсетеді. Мұндай әсер функционалдандырылған

лигноцеллюлозалық сорбенттерде де байқалған, онда негізгі рөл фенол гидроксил топтарына және активтелген көмірдің микрокеуекті құрылымына тиесілі болған[1,10,11].

Түс және органолептикалық сипаттамалар. L* жарықтылығының артуы және a* қызыл реңк көрсеткішінің төмендеуі антиоксиданттық тұрақтандырудың тиімділігін дәлелдейді. Ащылықтың болмауы мен табиғи жеміс иісінің сақталуы өнімнің сенсорлық тартымдылығын арттырады, бұл оны функционалды тағам рецептураларына енгізу үшін маңызды фактор болып табылады [9].

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер қолданылған технология өсімдік талшығының тағамдық және функционалдық құндылығын тек тұрақтандырып қана қоймай, айтарлықтай арттыра алатынын дәлелдейді. Осылайша, детоксикациялық талшық профилактикалық және арнайы тағам өнімдерінің құрамдас бөлігі ретінде кең қолдану әлеуетіне ие.

Қорытынды. Өсімдік сығындысынан алынған детоксикациялық талшық өндіру технологиясы әзірленді. Технология жұмсақ кептіру мен өсімдік және минерал тектес сорбенттермен байыту кезеңдерін қамтиды.

Бақылау үлгісіндегі кептірілген талшықпен салыстырғанда алынған өнім келесі артықшылықтармен сипатталады:

– тағамдық талшықтардың жалпы мөлшері 10,1%-ға артты, оның ішінде еритін бөлігі +17,6%, ерімейтін бөлігі +7,3%;

– фенолдық қосылыстардың мөлшері 42%-ға өсті;

– антиоксиданттық белсенділік 34%-ға жоғарылады;

– ауыр металл иондарын (Pb^{2+} және Cd^{2+}) сіңіру қабілеті тиісінше 50% және 49%-ға артты.

Түс сипаттамалары мен сенсорлық қасиеттердің жақсаруы өнімді функционалды және профилактикалық бағыттағы тағам өнімдерінің құрамына енгізуге мүмкіндік береді.

Алынған нәтижелер ұсынылған технологияның өнеркәсіптік өндіріске енгізу әлеуеті жоғары екенін және детоксикациялық талшықтың биожетімділігі мен клиникалық тиімділігін бағалау бойынша қосымша зерттеулер жүргізудің қажеттілігін көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Chaudhary N., Paul B.N., Giri S.S. New strategy for browning prevention in apple pomace processing and toxicity tested in a rodent model // ACS Omega. – 2024. – Vol. 9. – No. 30. – P. 33022-33032.
2. Girotto O.S., Giri S.S., et al. Effects of apples (Malus domestica) and their derivatives on metabolic conditions related to inflammation and oxidative stress and an overview of by-products use in food processing // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2025. – Vol. 65. – No. 19. – P. 3785-3816.
3. Mierczak K., Garus-Pakowska A. An overview of apple varieties and the importance of apple consumption in the prevention of non-communicable diseases – a narrative review // Nutrients. – 2024. – Vol. 16. – No. 19. – P. 3307.
4. Ribeiro J.A., Lima R.R., et al. Kojic acid: evaluation of its effectiveness in controlling pulp browning in minimally processed ‘Royal Gala’ apples // Journal of Food Measurement and Characterization. – 2023. – Vol. 17. – No. 6. – P. 5959-5971.
5. Pandiselvam R., Manickavasagan A., et al. Ozone-based oxidation treatment to enhance food drying rate and quality: mechanisms, current knowledge, and future outlook // Food and Bioprocess Technology. – 2025. – P. 5038-5057.

6. Yue Y., Li X., et al. Fruit pomaces: effects on growth performance, gut morphology, gut microbiota, immunity, meat and egg quality in poultry // World's Poultry Science Journal. – 2025. – P. 1-38.
7. Zhang L., Zhang C., Wei Z., et al. Effects of four drying methods on the quality, antioxidant activity and anthocyanin components of blueberry pomace // Food Production, Processing and Nutrition. – 2023. – Vol. 5. – P. 35.
8. Santos A.A. L., Leal G.F., Marques M.R., et al. Emerging drying technologies and their impact on bioactive compounds: a systematic and bibliometric review // Applied Sciences. – 2025. – Vol. 15. – No. 12. – P. 6653.
9. Wojdyło A., Lech K., Nowicka P. Effects of different drying methods on the retention of bioactive compounds, on-line antioxidant capacity and color of the novel snack from red-fleshed apples // Molecules. – 2020. – Vol. 25. – No. 23. – P. 5521.
10. Raji Z., Karim A., Karam A., Khalloufi S. Adsorption of heavy metals: mechanisms, kinetics, and applications of various adsorbents in wastewater remediation – a review // Waste. – 2023. – Vol. 1. – No. 3. – P. 775-805.
11. Bhardwaj A., Bansal M., Garima, Wilson K., Gupta S., Dhanawat M. Lignocellulose biosorbents: unlocking the potential for sustainable environmental cleanup // International Journal of Biological Macromolecules. – 2025. – Vol. 294. – P. 139497.

Материал редакцияға 26.08.25 түсті, 22.10.25 қабылданды.

Д.А. Тлевлесова [1], С.Т. Азимова[1],
М.Ж. Кизатова[2], Н.К. Ахметова[1], Ф.А. Махмудов[3]

[1]Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан
[2]Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан
[3]Международный инженерно-технический университет, Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА ПОРОШКА С ДЕТОКСИКАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ЯБЛОЧНОЙ КЛЕТЧАТКИ

Аннотация. Разработана технология получения порошка с детоксикационными свойствами на основе яблочного жома. Определено, что мягкая сушка в сочетании с добавлением природных сорбентов позволяет сохранить и повысить содержание пищевых волокон и фенольных соединений. Установлено увеличение антиоксидантной активности на 34% и сорбционной способности к ионам Pb^{2+} и Cd^{2+} на 50% и 49% соответственно. Выявлено улучшение цветовых характеристик и органолептических свойств, включая повышение светлоты и устранение горечи. Подтверждена эффективность разработанной технологии в стабилизации и функционализации растительной клетчатки. Полученные результаты демонстрируют потенциал детокс-клетчатки для использования в составе функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: яблочный жом, детоксикация, пищевая клетчатка, антиоксиданты, сорбционная способность, полифенолы, сушка, функциональные продукты, тяжёлые металлы, органолептические свойства.

D.A. Tlevlessova[1], S.T. Azimova[1], M.Zh. Kizatova[2], N.K. Akhmetova[1], F.A. Makhmudov[3]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan
[3]International Engineering and Technical University, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF A DETOXIFYING POWDER BASED ON APPLE FIBER

Abstract. A technology for producing a detoxifying powder based on apple pomace was developed. It was determined that mild drying combined with the addition of natural sorbents helps preserve and enhance the content of dietary fibers and phenolic compounds. Antioxidant activity increased by 34%, while the sorption capacity for Pb^{2+} and Cd^{2+} ions rose by 50% and 49%, respectively. Improved color parameters and organoleptic properties, including increased brightness and elimination of bitterness, were identified. The effectiveness of the developed technology in stabilizing and functionalizing plant fiber was confirmed. The results demonstrate the potential of detox-fiber for use in functional food products.

Keywords: apple pomace, detoxification, dietary fiber, antioxidants, sorption capacity, polyphenols, drying, functional products, heavy metals, organoleptic properties.

ҒТАМР 65.59.31

Б.Б. Кабулов[1] – *негізгі автор*, ©
Г.Б. Абдилова[2], А.Б. Бакиева[3], А.Г. Джилкишева[4], Ә.С. Шенгельбаев[5]

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

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0002-7619-2622 [2]https://orcid.org/0000-0002-6647-6314
[3]https://orcid.org/0009-0003-5904-1253 [4]https://orcid.org/0009-0004-4403-105X
[5]https://orcid.org/0009-0007-2652-9243

[1,2,3,4,5]Шәкәрім университеті,
Семей, Қазақстан
[1]bolatkabylov@mail.ru

https://doi.org/10.55956/MBZE5398

ШҰЖЫҚ ТАРТЫЛҒАН ЕТІНІҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ МЕХАНИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Аңдатпа. Мақалада шұжық тартылған етінің реологиялық механикалық жетілдірілген моделі сипатталған. Көптеген тағамдық орталар дисперсті жүйелер, суспензиялар, коллоидты ерітінділер болып табылады. Машиналар мен аппараттарды жобалау кезінде тағамдық орталардың құрылымдық-механикалық қасиеттерін білу керек. Тағамдық ортаның құрылымдық-механикалық қасиеттері, шикізаттың физика-химиялық қасиеттері, өңдеу ұзақтығы мен түрі, жылдамдығы, қысымы және тағы басқа сол сияқты факторларға байланысты екендігі белгілі. Өз кезегінде, тағамдық шикізаттың қозғалысы оның құрылымдық-механикалық ерекшеліктеріне байланысты болады. Бингамның реологиялық теңдеуі шұжық тартылған ет қозғалысын сипаттай алатындығы дәлелденді. Бингам, Шведов, Шоффилд-Скотт-Блэрдің реологиялық модельдерін талдау және механикалық өңдеу кезінде шұжық тартылған етінің ағымын сипаттау оның реологиялық механикалық моделін жасауға мүмкіндік берді. Ол кесу кезінде тартылған еттің беріктігін сипаттайтын элементі бар Бингам моделінен тұрады. Тәжірибелер барысында шұжық тартылған етінің реологиялық моделінің теңдеуі ұсынылады. Шұжық тартылған етінің реологиялық механикалық моделі мен құрылымдық-механикалық сипаттамалары өнімнің консистенциясын объективті бағалау үшін ғана емес, сонымен қатар өнімді механикалық өңдеудің барлық кезеңдерінде оның ағымын зерттеу үшін қажет.

Тірек сөздер: шұжық, тартылған ет, реологиялық механикалық модель.

Кабулов, Б.Б. Шұжық тартылған етінің реологиялық механикалық моделі [Мәтін] / Б.Б. Кабулов, Г.Б. Абдилова, А.Б. Бакиева, А.Г. Джилкишева, Ә.С. Шенгельбаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.113-121. https://doi.org/10.55956/MBZE5398

Кіріспе. ҚР Президент жолдауында былай деп атап көрсетілген: «... Алдымызда тағы бір өте маңызды міндет тұр. Біз агроөнеркәсіп кешенінде нақты серпіліс жасауымыз керек. Ауыл шаруашылығы саласының әлеуеті орасан зор. Бірақ біз қолда бар мүмкіндіктерді әлі де толық пайдаланбай отырмыз. Тамақ өнімдерін тереңдете өңдеу және өндірісті жылыжай шаруашылықтарын дамыту сияқты біз үшін болашағы зор бағыттарға

басымдық берген жөн. Сондай ақ еліміздегі ауылшаруашылық кәсіпорындарының әлеуетін де қаперден шығармағанымыз жөн ...» [1].

Осыған байланысты алдағы жылдарда ет өнеркәсібінің алдына қойылған міндеттерді шешу үшін заманауи жабдықтар мен технологиялар құрастыру қажет. Ет өнімдерін механикалық өңдеудің тиімді режимдерін таңдау және оңтайлы конструкцияны әзірлеу тек өңделетін өнімнің физикалық және механикалық қасиеттеріне сүйеніп өндірістік үрдістерді тереңдете зерттеу негізінде қамтамасыз етіледі.

Ет өнімдерін механикалық өңдеу күрделі физика-химиялық, биологиялық және механикалық үрдістермен қоса жүреді, оларды зерттеу өндірістің технологиялық циклын басқару және объективті сапасын бақылауды ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Ет өндірісіндегі көптеген үрдістер дисперсті жүйелер, суспензиялар, коллоидты ерітінділер, әртүрлі иілгіш пластикалық тұтқыр материалдарды механикалық өңдеу арқылы жүреді. Реологиялық зерттеулер тамақ өнімдерін өңдеу кезінде жүретін құбылыстар физикасын терең түсінуге мүмкіндік береді. Осы бағыттағы зерттеулерге белгілі ғалымдардың П.А. Ребиндер, М.П. Воларович, А.В. Горбатов, И.А. Рогов, В.Д. Косой, Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин және т.б. іргелі еңбектері арналған [2-7].

Тамақ өнімдерінің құрылымдық-механикалық қасиеттері жабдықтардың заманауи конструкцияларын құрастыруда және бұрыннан белгілі жабдықтарды жаңғыртуда үрдістерді есептеуде, сонымен қатар жабдықтардың оңтайлы жұмыс істеу режимдері мен өндірістің оңтайлы технологиялық сұлбаларын таңдау кезінде пайдаланылуы мүмкін. Ет өнімдерінің реологиялық қасиеттері оның сапасын автоматты бақылау және жабдықтарды, өндірістік аудандарды автоматты басқару жүйелерін құруда пайдаланылады. Реология механикалық және технологиялық өңдеу тәсілдерін, режимдерін өзгертуге және қоспалар енгізу арқылы өнімдердің сапасы мен құрылымын басқаруға мүмкіндік береді.

Кәсіпорындарда өңделетін ет шикізаты, жартылай өнімдер мен олардан алынатын дайын өнімдер әртүрлі құрылымдық-механикалық қасиеттерге ие. Ет өнімдерін механикалық өңдеу үрдістері басқа да өндірістердегі үрдістерден өзінің алуан түрлілігіне және күрделілігіне байланысты ерекшеленеді. Бұл жерде тізбектей берсе дайын өнім алынатын шикізаттың түрі мен үрдісінің өзі бірнеше парақтан орын алады. Сондықтан, авторлар ет өнімдерінің реологиялық қасиеттерін және оларды механикалық өңдеу кезінде атқарылатын үрдістерді зерттейтін құралдар мен әдістердің жекелеген мысалдарын, сонымен қатар ет өнімдерін механикалық өңдеу үрдістерін және оларды жүзеге асыратын технологиялық жабдықтарды зерттеу нәтижелерін пайдалану бойынша мысалдар көрсетуге тырысты.

Ет шикізаты мен оның өнімдерінің қасиеттері температура, ылғалдылық, механикалық әсер ету ұзақтығына және шамасына, сонымен қатар сақтау мерзіміне, тасымалдауға, өнімді алу тәсіліне және басқа да көптеген факторларға байланысты болады. Сондықтан бір ғана өнім түріне жататын өнімдердің реологиялық қасиеттерінің әртүрлі болатынын кездестіруге болады, өйткені осы мәліметтерді анықтау кезінде шарт орындалмады, әртүрлі аспаптар мен құралдар қолданылды. Бұл сипаттамалар машиналар мен аппараттарды жобалау кезінде ең тиімді жұмыс режимдерін таңдау үшін қажет.

Реологиялық қасиеттердің өзгеру заңдылықтарын, яғни, әртүрлі қоспалар қосу, режимдерді реттеу және механикалық өңдеу тәсілдерін білу ет өнімдерінің сапасы мен құрылымына әсер етуге мүмкіндік береді.

Әлбетте, бірдей шарттарды іс жүзінде қамтамасыз ету мүмкін емес, сондықтан реологиялық сипаттамалар туралы мәліметтерде қандай әдіспен, қандай параметрлер және қандай аспаптарда алынғаны туралы деректер көрсетілуі қажет.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Тамақ орталардың көбі дисперсті жүйелер мен суспензиялар, коллоидті ерітінділер түрінде болады. Технологиялық жабдықтарды ғылыми түрде жобалау үшін бұл орталардың құрылымдық-механикалық сипаттамаларын білу қажет [7,8].

Көптеген жағдайлар белгілі болады, яғни технологиялық өңдеу үрдісі кезінде бір өнім бірінші реологиялық күйден екінші күйге ауысады, бұл ауысуы жиі бірінші күйге кері болады. Шикізаттан дайын өнімге дейін бұл өзгерістер ішкі энергетикалық күйдің өзгерісі арқылы жүзеге асады, олар әртүрлі механикалық үрдістерді (ұсақтау, араластыру және қалыптау) өткізу үшін жұмсалған жұмыспен сипатталады. Үрдістерді өткізу үшін жұмсалған жұмыс мынадай болады:

$$A = \int f(F)dx \qquad (1)$$

мұндағы: *f(F)* – шикізатқа әсер ететін күштердің функциясы; *x* – күштердің әрекетін анықтайтын параметр.

Бейньютондық материалдардың тұтқырлығы деформация жылдамдығынан байланысты, ол ағу кезінде құрылымы мен оның өзгерісімен байланысты болады. Өз қатарында материалдың ағуы оның физика-химиялық өзгешілігінен байланысты болады: молекулардың пішіні мен орналасуы, концентрация, температура, ылғалдылық, мицелла пайда болу. Таза ерітіндіге, мысалы тартылған етке, ингредиенттердің қосылуы оның тұтқырлығын жоғарлатып, ағу сипатын өзгертеді.

Шұжық тартылған ет ағуын сипаттау үшін Бингам реологиялық теңдеуі өте қолайлы болып табылатындығы дәлелденді.

Жылдамдық градиенттердің жоғары мәндерінде шұжық тартылған етінің ағу кезінде оның құрылымы бұзылып, құрылымдық-механикалық сипаттамалары мәндері төмеңдейді. Әртүрлі тартылған еттердің реологиялық сипаттамаларының шамаларында бір бірінен айырмашылығы болады. Белгілі бір мөлшерде олар өнімдер құрылымының сапалы күйін, яғни құрамын, механикалық өңдеу дәрежесін және т.б. көрсетеді.

Шұжық тартылған ет ағуы Гершель-Балкли жалпы теңдеу арқылы да сипаттауға болады, ол бойынша тоғыз ағу қисықтарын көрсетуге болады.

10°С-та әртүрлі тартылған еттердің ығысу сипаттамалары келтірілген (1-кесте). Бұл сипаттамалар әртүрлі кәсіпорындардағы ет өнімдерінің өндірістік композициялардан өзгеше болады – 50% дейін [9,10]. Шұжық тартылған етін механикалық өңдеуге арналған жабдықтарды және олардың жұмысшы органдарын есептеуде тәжірибе кезінде кездесетін сипаттамалардың ең үлкен немесе ең ықтимал мәндерін ескеру керек.

Тұрақталған ағында құрылымды қалпына келтіру және бұзу үрдістер арасында тепе-теңдік күйін сипаттау үшін тиімді тұтқырлық $\eta_{эф}$ қолданылады, ол жылдамдық градиенті мен ығысу кернеу өзгерістерінен байланысты болады:

$$\eta_{эф} = B_0^* \cdot \dot{\gamma}_*^{-m} \quad (2)$$

мұндағы: $\dot{\gamma}_*$ – жылдамдықтың өлшемсіз градиенті, m – құрылымның бұзылуы темпі (2-кесте).

Кесте 1

10°С-та тартылған еттің әртүрлі түрлерінің ығысу сипаттамалары

Тартылған ет	Шектік ығысу кернеуі, Па	Пластикалық тұтқырлық, Па·с
Сиыр шұжығы	700	18÷20
Шошқа шұжығы	650	19÷22
Әуесқой шұжығы	700	18÷28
Докторлық шұжығы	540	16÷19
Шай шұжығы	500	-
Ливерлі шұжығы 30°С-та 60°С-та	2200 100	- -
Шошқа сосискалары	450	9÷11

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Тартылған еттің құрылымдық-механикалық сипаттамалары оның құрамынан және бірқатар технологиялық факторлардан (температура, ылғал мөлшері, ұсақтау дәрежесі, араластыру дәрежесі, қысым және т.б.) байланысты болады.

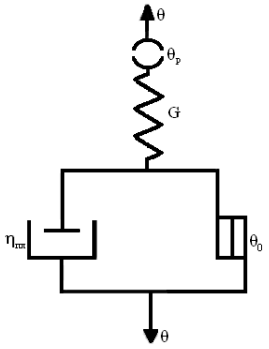
2-кестеде келтірілген қабырға жанындағы қабаттары мен ағын ядросының реологиялық сипаттамаларының айырмашылығы бар және өзгерістер шегінде қолданылады: ығысу кернеуі – 100-ден 3000 Па дейін, жылдамдық градиенті – 0,1-ден 220 $с^{-1}$дейін; құбырдың диаметрі – 0,007-ден 0,0515 м дейін, ұзындық пен диаметрдің қатынасы – 40-тан 340 дейін.

Кесте 2

Шұжық тартылған етінің реологиялық константалары

Шұжықтардың тартылған еті	(2) теңдеудің коэффициенттері	
	B_0^*	m
Асханалық	335	0,79
Сүт, сиыр	375	0,79
Жеке	420	0,80
Орыс	500	0,81
Дәмханалық	700	0,80
Таллин	1000	0,81
Сервелат	1370	0,85

Бингам, Шведов, Шоффильд-Скотт-Блер [11] реологиялық механикалық модельдерді зерттеу мен механикалық өңдеу кезінде шұжық тартылған етінің жүрісін сипаттау үшін жүргізілген талдау негізінде реологиялық механикалық модель жетілдірілген, ол кесу кезінде тартылған еттің беріктігін жоғалтуын сипаттайтын элементі бар Бингам моделінен тұрады. Жетілдірілген реологиялық механикалық модель 1-суретте көрсетілген.



θ – ығысу кернеуі; G – серпімділік; $\eta_{пл}$ – пластикалық тұтқырлық; θ_0 – шектік ығысу кернеуі; $\theta_р$ – шектік кесу кернеуі.

Сурет 1. Реологиялық дененің – шұжық тартылған етінің механикалық моделі

Ұсақтау кезінде қысым пышақ арқылы тартылған етке беріледі, ол шектік кесу кернеуінен ($\theta_р$) артық болатын кернеуде ұсақталады. Кесу күшінің салу уақыты өте аз, сондықтан шектік кесу кернеуі лезде жеткізіледі. Тартылған еттің ұсақталған денелері алдымен тұтқыр-серпімді (G, $\eta_{пл}$) ұшырайды, одан кейін шектік ығысу кернеуі (θ_0) артық болатын кернеуде тартылған ет пластикалық деформацияға ұшырап, ағып кетеді. Араластыру мен қалыптау кезінде тартылған ет серпімділік, тұтқырлық және пластикалықтықтан тұратын Бингам денесіне ұқсас болады.

Шұжық тартылған етінің реологиялық моделінің реологиялық теңдеуін келесі әдіспен алуға болады [12].

Шұжық тартылған ет моделінің жалпы деформациясы деформация қосындысына тең болады:

$$d\gamma = d\gamma_Г + d\gamma_H + d\gamma_C + d\gamma_P \tag{3}$$

мұндағы: $d\gamma_Г$, $d\gamma_H$, $d\gamma_C$, $d\gamma_P$ – сәйкесінше Гук, Ньютон, Сен-Венан денелері мен кесу кезінде тартылған еттің беріктігін төмендетуін сипаттайтын элементтің бұрыштық деформациялары.

(2) теңдеудің сол және оң жағынан туындысын алсақ, онда:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{d\gamma_Г}{dt} + \frac{d\gamma_H + d\gamma_C}{dt} + \frac{d\gamma_P}{dt} \tag{4}$$

$\frac{d\gamma_H + d\gamma_C}{dt}$ шамасын Сен-Венан шартын еске алып, Ньютон денесінің реологиялық теңдеуін анықтаймыз:

$$\frac{d\gamma_H + d\gamma_C}{dt} = \dot{\gamma} = \frac{\theta - \theta_0}{\eta_{пл}} \tag{5}$$

$\frac{d\gamma_Г}{dt}$ шамасын Гук денесінің реологиялық теңдеуінен анықтаймыз:

$$\frac{d\gamma_{Г}}{dt} = \frac{1}{G} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (6)$$

$\frac{d\gamma_{P}}{dt}$ шамасын Ньютон денесінің реологиялық теңдеуінен анықтаймыз:

$$\frac{d\gamma_{P}}{dt} = \dot{\gamma} = \frac{\theta_{P}}{\eta_{пл}} \quad (7)$$

(4) теңдеуге (5), (6) және (7) теңдеулерін қоссақ, шұжық тартылған ет моделінің реологиялық теңдеуін аламыз:

$$\dot{\gamma} = \frac{\dot{\theta}}{G} + \frac{\theta - \theta_0 - \theta_P}{\eta_{пл}} \quad (8)$$

мұндағы: θ_P – шектік кесу кернеуі.

Қорытынды. Қорытындылай келе, Шәкәрім университетінің мамандарымен реологиялық дененің – шұжық тартылған етінің механикалық моделі жетілдірілді. Бұл модель кесу кезінде тартылған еттің беріктігін жоғалтуын сипаттайтын элементі бар Бингам моделінен тұрады.

Ұсақтау кезінде айналып тұрған пышақтан қысым тартылған етке беріліп, соның нәтижесінде тартылған еттің шектік кесу кернеуі артқан кезде ол ұсақталып отырады. Кесу процесі өте жылдам жүреді, соның салдарынан шектік кесу кернеуі лезде артып, ол өзінің максимал мәндеріне жетеді. Бұл кезде тартылған еттің ұсақталған денелері әртүрлі (тұтқыр-серпімді, пластикалық) деформацияларға ұшырап ағып кетеді. Соңымен қатар, араластыру мен қалыптау үрдістері кезінде тартылған еттің жүрісі Бингам денесінің жүрісіне ұқсас болады.

Келтірілген реологиялық механикалық модель және құрылымдық-механикалық сипаттамалары өнімнің консистенциясын объективтік бағалауға ғана емес, сонымен қатар шұжық тартылған етінің барлық механикалық өңдеу кезеңдерінде оның жүрісін зерттеуге қажет болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың «Әділетті Қазақстанның экономикалық бағдары» атты Қазақстан халқына Жолдауы, 01.09.2023 [Электрондық ресурс]. – Қолжетімділік режимі: https://www.akorda.kz. Пайдалану күні: 27.01.25.
2. Косой, В.Д. Инженерная реология в производстве колбас [Текст] / В.Д. Косой, А.Д. Малышев, С.Б. Юдина. – М.: КолосС, 2005. – 264 с.
3. Мачихин, Ю.А. Реометрия пищевого сырья и продуктов [Текст]: справочник / Ю.А. Мачихин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
4. Горбатов, А.В. Реология мясных и молочных продуктов [Текст]: монография / А.В. Горбатов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 383 с.
5. Мачихин, Ю.А. Инженерная реология пищевых продуктов [Текст] / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 215 с.
6. Горбатов, А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов [Текст] / А.В. Горбатов, А.М. Маслов, Ю.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.

7. Кабулов, Б.Б. Реология пищевых продуктов [Текст]: учебное пособие / Б.Б. Кабулов, Г.Б. Абдилова, А.Б. Бакиева, А.М. Муратбаев. – Семей: Ун-т им. Шакарима, 2024. – 208 с.
8. Бакиева, А.Б. Разработка конструкции режущего механизма волчка с целью совершенствования режимов измельчения пищевого сырья [Текст]: дис. … д-ра философии (PhD): 6D072400 / А.Б. Бакиева. – Семей: Ун-т им. Шакарима, 2021. – 110 с.
9. Кулажанов, Т.К. Эффективность цифровой прослеживаемости при длительном хранении полукопченых колбас [Текст] / Т.К. Кулажанов, Л.К. Байболова, М.С. Сериккызы, Д.К. Балев, Д.Б. Влахова-Вангелова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. – № 2. – С. 111-116.
10. Узаков, Я.М. Разработка математической модели прогнозирования качества полукопченых колбас из говядины второго сорта [Текст] / Я.М. Узаков, А.Н. Есенгазиева, Д.А. Тлевлесова, Л.А. Каймбаева, М.Ә. Қалдарбекова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2023. – № 3. – С. 109-117.
11. Кабулов, Б.Б. Ет-сүйекті фаршының реологиялық механикалық моделі [Текст] / Б.Б. Кабулов, Г.Б. Абдилова, Г.А. Жумадилова, А.Б. Бакиева, Ж.А. Сергибаева // Механика және технологиялар. – 2024. – № 4(86). – Б. 34-40.
12. Кабулов, Б.Б. Интенсификация процессов механической обработки фарша [Текст]: дис. … канд. техн. наук: 05.18.12 / Б.Б. Кабулов. – Семипалатинск: СГУ им. Шакарима, 2005. – 142 с.

Материал редакцияға 28.02.25 түсті, 27.11.25 қабылданды.

Б.Б. Кабулов[1], Г.Б. Абдилова[1], А.Б. Бакиева[1], А.Г. Джилкишева[1], Ә.С. Шенгельбаев[1]

[1]Университет Шакарима, Семей, Казахстан

РЕОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛБАСНОГО ФАРША

Аннотация. В статье описана разработка реологической механической модели колбасного фарша. Многие пищевые среды являются дисперсными системами, суспензиями, коллоидными растворами. Для разработки и конструирования машин и аппаратов нужно знать структурно-механические свойства этих сред. Структурно-механические свойства пищевых сред зависят от таких факторов, как физико-химические свойства сырья, продолжительность и вид обработки, скорость, давление и т.д. На вязкость вязкопластичных материалов влияют продолжительность и величина нагрузки. В свою очередь, движение пищевого сырья обусловлено его структурно-механическими особенностями. Доказано, что реологическое уравнение Бингама может характеризовать движение колбасного фарша. Анализ реологических моделей Бингама, Шведова, Шоффильд-Скотт-Блера и описание течения колбасного фарша при механической обработке позволили разработать ее реологическую механическую модель. Она состоит из модели Бингама с элементом, который описывает прочность фарша при резании. В ходе экспериментов разработано уравнение реологической модели колбасного фарша. Реологическая механическая модель и структурно-механические характеристики колбасного фарша необходимы не только для объективной оценки консистенции продукта, но и для исследования его течения на всех этапах механической обработки продукта.

Ключевые слова: колбаса, фарш, реологическая механическая модель.

B. Kabulov[1], G. Abdilova[1], A. Bakiyeva[1], A. Zhilkisheva[1], A. Shengelbaev[1]

[1]Shakarim University, Semey, Kazakhstan

RHEOLOGICAL MECHANICAL MODEL OF MINCED SAUSAGE

Abstract. The article describes the development of a rheological mechanical model of minced meat. Many food media are dispersed systems, suspensions, and colloidal solutions. For the development and construction of machines and apparatuses, it is necessary to know the structural and mechanical properties of these media. The structural and mechanical properties of food media depend on such factors as the physico-chemical properties of raw materials, the duration and type of processing, speed, pressure, etc. The viscosity of viscoplastic materials is affected by the duration and magnitude of the load. In turn, the movement of food raw materials is determined by its structural and mechanical features. It is proved that the Bingham rheological equation can characterize the motion of minced meat. The analysis of the rheological models of Bingham, Shvedov, and Shoffield-Scott-Blair and the description of the flow of minced sausage during mechanical processing made it possible to develop its rheological mechanical model. It consists of a Bingham model with an element that describes the strength of minced meat when cutting. During the experiments, the equation of the rheological model of ground sausage was developed. The rheological mechanical model and structural and mechanical characteristics of minced meat are necessary not only for an objective assessment of the consistency of the product, but also for the study of its flow at all stages of the mechanical processing of the product.

Keywords: sausage, minced meat, rheological mechanical model.

References

1. Address of the President of the Republic of Kazakhstan Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan “The Economic Course of a Just Kazakhstan”, 01.09.2023 [Electronic resource]. – Access mode: https://www.akorda.kz. Date accesse: 27.01.25. [in Kazakh].
2. Kosoy, V.D., Malyshev, A.D., Yudina, S.B. Inzhenernaya reologiya v proizvodstve kolbas [Engineering Rheology in Sausage Production]. – Moscow: KolosS, 2005. – 264 p. [in Russian].
3. Machikhin, Yu.A. Reometriya pishchevogo syr'ya i produktov [Rheometry of Food Raw Materials and Products]: Handbook. – Moscow: Agropromizdat, 1990. – 271 p. [in Russian].
4. Gorbatov, A.V. Reologiya myasnykh i molochnykh produktov [Rheology of Meat and Dairy Products]: monograph. – Moscow: Food Industry, 1979. – 383 p. [in Russian].
5. Machikhin, Yu.A., Machikhin, S.A. Inzhenernaya reologiya pishchevykh produktov [Engineering Rheology of Food Products]. – Moscow: Light and Food Industry, 1981. – 215 p. [in Russian].
6. Gorbatov, A.V., Maslov, A.M., Machikhin, Yu.A. Strukturno-mekhanicheskie kharakteristiki pishchevykh produktov [Structural-Mechanical Characteristics of Food Products]. – Moscow: Light and Food Industry, 1982. – 296 p. [in Russian].
7. Kabulov, B.B., Abdilova, G.B., Bakiyeva, A.B., Muratbaev, A.M. Reologiya pishchevykh produktov [Rheology of Food Products]: Textbook. – Semey: Shakarim University, 2024. – 208 p. [in Russian].
8. Bakiyeva, A.B. Razrabotka konstruktsii rezhushchego mekhanizma volchka s tsel'yu sovershenstvovaniya rezhimov izmel'cheniya pishchevogo syr'ya [Development of the Cutter Mechanism of the Grinder for Improving the Modes of Food Raw

Material Grinding]: PhD Dissertation: 6D072400. – Semey: Shakarim University, 2021. – 110 p. [in Russian].

9. Kulazhanov, T.K., Baibolova, L.K., Serikkyzy, M.S., Balev, D.K., Vlahova-Vangelova, D.B. Effektivnost' tsifrovoy proslezhivaemosti pri dlitelnom khranenii polukopchenykh kolbas [Efficiency of Digital Traceability during Long-Term Storage of Semi-Smoked Sausages] // Bulletin of Almaty University of Technology. – 2024. – № 2. – P. 111-116. [in Russian].
10. Uzakov, Ya.M., Esengaziyeva, A.N., Tlevlesova, D.A., Kaimbaeva, L.A., Qaldarbekova, M.Ä. Razrabotka matematicheskoy modeli prognozirovaniya kachestva polukopchenykh kolbas iz govyadiny vtorogo sorta [Development of a Mathematical Model for Predicting the Quality of Second-Grade Semi-Smoked Beef Sausages] // Bulletin of Almaty University of Technology. – 2023. – № 3. – P. 109-117. [in Russian].
11. Kabulov, B.B., Abdilova, G.B., Jumadilova, G.A., Bakiyeva, A.B., Sergibaeva, Zh.A. Et-süyekti farshyń reologiyalyq mehanikalıq modeli [Rheological Mechanical Model of Meat-Bone Mince] // Mechanics and Technologies. – 2024. – № 4(86). – P. 34-40. [in Russian].
12. Kabulov, B.B. Intensifikatsiya protsessov mekhanicheskoy obrabotki farsha [Intensification of Mechanical Processing of Mince]: Candidate of Technical Sciences Dissertation: 05.18.12. – Semipalatinsk: Shakarim State University, 2005. – 142 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.29.03

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

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

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

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

[1]ak.sadibayev@dulaty.edu.kz

©

https://doi.org/10.55956/HPAH7835

ҚАУЫН ҰНТАҒЫ ҚОСЫЛҒАН НАННЫҢ РЕЦЕПТУРАСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Мақалада ұлттық нан – таба нанның функционалдық қасиеттерін және тағамдық құндылығын арттыру құрамына қауынның құрғақ ұнтағын қосып және нанның тиімді рецептурасын анықтау үшін жүргізілген эксперименттік зерттеулер нәтижесі берілген. Эксперименттік зерттеулер үш факторды үш деңгейде қарастыратын Бокс-Бенкен жоспарының көмегімен жүргізілді. Пісірілген нанның сапасы органолептикалық көрсеткіштері бойынша бағаланды. Эксприменттік мәндерді өңдеу нәтижесінде нанды пісіру температурасы мен ұзақтығының және қауынның құрғақ ұнтағы мөлшері анықталды.

Тірек сөздер: нан, пісіру температурасы, пісіру ұзақтығы, қауынның құрғақ ұнтағы, органолептикалық көрсеткіштері, дегустация.

Садибаев, А.К. Қауын ұнтағы қосылған нанның рецептурасын оңтайландыру [Мәтін] / А.К. Садибаев, А.С. Боранкулова, А.С. Умирбекова, Б.Е. Солтыбаева, М.Е. Ержанова, Л.Ж. Алашбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.122-129. https://doi.org/10.55956/HPAH7835

Кіріспе. Нан – адам тағамында негізгі қоректік өнімдердің бірі болып есептеледі. Ол ағзаға энергия көзі ретінде көмірсу, ақуыз және май қоспаларын жеткізіп қана қоймай, микроэлементтер мен дәрумендерге де бай, күнделікті рациондағы маңызды тағамдық компонент болып табылады. Соңғы жылдары тағамтану ғылымында нанның тек қана қоректік құндылығын арттыру емес, сонымен қатар оның функционалдық қасиеттерін жақсарту да басты бағыттардың бірі болып отыр.

Функционалдық нан – бұл адам ағзасына оң әсер ететін биологиялық белсенді қосылыстарға бай өнім, мысалы, антиоксиданттар, диеталық талшықтар, пробиотиктер мен минералды заттар. Ғалымдардың зерттеулері көрсеткендей, нанға әртүрлі өсімдік тектес қоспалар қосу оның биологиялық құндылығын арттырып, ағзаның қоректік қажеттілігін толықтыруға

мүмкіндік береді. Мұндай қоспаларға дәнді-дақыл өнімдері, жемістер мен көкөністердің ұнтақтары, тұқымдар мен жаңғақтар жатады. Қоспаларды енгізу арқылы нанның антиоксиданттық белсенділігі, талшық құрамы, витаминдік және минералдық құндылығы айтарлықтай жоғарылайды, бұл өз кезегінде өнімнің функционалдық сипаттамаларын жақсартады [1].

Азық-түлік өнімдерінің құрамындағы химиялық қоспалар көптеген жағдайларда адам ағзасының зат алмасуына және денсаулығына жағымсыз әсер ететіндіктен, ғылыми және тәжірибелік зерттеулер өнім ассортиментін табиғи қоспа компоненттерді рецептураға енгізу арқылы кеңейтуге бағытталуы тиіс. Мұндай компоненттер нан-тоқаш өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін арттыруға оң ықпал етеді. Аталған өнімдер функционалдық тағамдар санатына жатады, ал функционалдық нан өндірісі мен тұтынуы бойынша қазіргі таңда АҚШ пен Германия жетекші орын алады [2].

Функционалдық тамақтану формаларына көшу жағдайында емдік-профилактикалық қасиеттері айқын жемістер, көкөністер және оларды қайта өңдеу өнімдері тағамдық бұйымдардың белсенді ингредиенттері ретінде ерекше маңызға ие болуда. Соңғы жылдары нан пісіру өндірісінде жеміс-көкөніс қоспаларын қолдану бойынша көптеген ғылыми зерттеулер мен ұсынымдар жарияланды. Көкөністер, жасыл өсімдіктер, жемістер мен жидектер ұннан дайындалатын қамыр құрамына құрғақ ұнтақтар, сығынды, пюре, масса, шырындар, экстракттар және үлпектер түрінде кеңінен енгізіледі. Мұндай қоспалар рецептурадағы энергия сыйымдылығы жоғары компоненттердің үлесін төмендету, тағамдық талшықтармен байыту және өнімнің органолептикалық сапа көрсеткіштерін жақсарту мақсатында қолданылады [3].

Нанның құрамына қауынның құрғақ ұнтағын қосу арқылы оның органолептикалық қасиеттерінің және биологиялық құндылығының артатындығы анықталды [4].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Ұлттық нанды дайындау тәсілі бірінші сұрыпты бидай ұнына кептірілген қауын ұнтағын қосу арқылы, сондай-ақ ашытқы, тұз және ауыз суын алдын ала дайындау мен мөлшерлеуді қамтиды. Қамырын дайындау нанды пісіру барысында қамыр илеу 7-8 минут жүргізілді, қамыр 170 минут бойы ашытылды, ашу процесінде қамыр қайта иленді. Одан кейін қамыр қажетті массадағы бөліктерге бөлініп, өсімдік майымен майланған қалыптарға салынды, қамыр дайындамалары 10-15 минут бойы жетілдірілді, содан кейін олар пеш камерасына орналастырылып, 160-200°С температурада 20-30 минут ішінде пісірілді.

Пісірілген нанның сапасы оның органолептикалық көрсеткіштері бойынша он балдық жүйемен бағаланды.

Нанның рецептурасын оңтайландыру мақсатында экспериментті жоспарлау әдісі қолданылды. Эксперимент жоспарын жүзеге асыру және алынған мәліметтерді белгіленген әдістемелік негізде өңдеу барысында зерттелетін объектінің екінші ретті (квадраттық) математикалық моделі алынады [5]:

$$y = b_0 + \sum_i^k b_i x_i + \sum_{i<j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_i^k b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

мұнда: b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – теңдеу коэффициенттері; x_i, x_j – факторлар; k – факторлар саны.

Математикалық үлгінің адекваттығы туралы гипотезаны Фишер критериі бойынша анықтайды:

$$F = \frac{s^2_{\text{ад}}}{s^2(\bar{y})} \leq F_{\text{к}}. \quad (2)$$

мұнда: $s^2_{\text{ад}}$ – адекваттық дисперсиясы; $s^2(\bar{y})$ – қайталану дисперсияся; $F_к$ – Фишер критерийдің кестелік мәні.

Қайталану дисперсиясын эксперименттің нөлдік нүктесінде бірнеше рет тәжірибелер жүргізу нәтижесінде анықтайды:

$$s^2(\bar{y}) = \frac{\sum_1^{n_0}(y_{0i}-\bar{y}_0)^2}{n_0-1}, \quad (3)$$

мұнда: y_{0i} – нөлдік нүктедегі және тәжірибенің мәні; $\bar{y}_0$ – нөлдік нүктедегі тәжірибе мәндерінің арифметикалық ортасы; n_0 – нөлдік нүктедегі тәжірибелер саны.

Адекваттық дисперіясы

$$s^2_{\text{ад}} = \frac{\sum_1^{N-n_0}(y_{ui}-\hat{y}_u)^2 + n_0\sum_1^{n_0}(y_{oj}-\bar{y}_0)^2}{N-\lambda-1}, \quad (4)$$

мұнда $\hat{y}_u$ – математикалық үлгі мәні (1) теңдеуі бойынша; λ – теңдеу коэффициенттерінің саны.

Анықталған Фишер критериінің есептік мәні кестелік мәнімен $F_к$ салыстырылады. Егер $F \leq F_к$ шарты орындалса математикалық үлгі адекватты немесе y-тің есептік және эксперименттік мәндері арасындағы ауытқу белгіленген мөлшерден артық емес деп есептеледі. Егер Фишер критериінің есептік мәні кестелік мәнімен артық болса, онда қосымша тәжірибелер жүргізілуі қажет.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Нанның органолептикалық көрсеткіштерінің пісіру температурасына (Т, °С), пісіру ұзақтығына (τ, мин) және кептірілген қауын ұнтағының мөлшеріне (m, г) тәуелділігін анықтауға арналған эксперименттік зерттеулер үш факторды үш деңгейде қарастыратын Бокс–Бенкен жоспарының көмегімен жүргізілді.

Әсер етуші факторлардың өзгеру интервалдарды мен олардың деңгейлері 1-кестеде көрсетілген. Эксперимент матрицасы және зерттеу нәтижелері 2-кестеде көрсетілген.

Кете 1

Әсер етуші факторлардың өзгеру интервалы және олардың деңгейлері

Факторлар		Өзгеру деңгейлері			Интервал
натуралды	кодты	-1	0	+1	ε
Пісіру температурасы, Т, °С	x_1	160	180	200	20
Пісіру ұзақтығы, τ, мин	x_2	20	25	30	5
Қауынның құрғақ ұнтағының мөлшері, m, г	x_3	0	2	4	2

Үш факторлы жоспарға сәйкес тәжірибелер саны N = 17, нөлдік нүктелер саны n₀ = 5 болды.

Кесте 2

Эксперимент матрицасы және зерттеу нәтижелері

№	Факторлар						y_u
	натуралды			кодты			
	T, °C	τ, мин	m, г	x_1	x_2	x_3	
1	160	20	2	-1	-1	0	6,2
2	200	20	2	1	-1	0	7,2
3	160	30	2	-1	1	0	6,3
4	200	30	2	1	1	0	7,2
5	160	25	0	-1	0	-1	6,3
6	200	25	0	1	0	-1	7,3
7	160	25	4	-1	0	1	6,2
8	200	25	4	1	0	1	7,5
9	180	20	0	0	-1	-1	6,5
10	180	30	0	0	1	-1	7,4
11	180	20	4	0	-1	1	6,4
12	180	30	4	0	1	1	7,1
13	180	25	2	0	0	0	8,9
14	180	25	2	0	0	0	9,1
15	180	25	2	0	0	0	8,5

Эксперименттік мәндерді өңдеу Design-Expert 13 бағдарламасы арқылы жүргізілді.

Оңтайландыру параметрі – нанның органолептикалық көрсеткіштері үшін регрессиялық теңдеулер:

кодталған факторларда

$$y = 8{,}92 + 0{,}525x_1 + 0.2125x_2 - 0.0375x_3 - 0.025x_1x_2 + 0.075x_1x_3 - 0.05x_2x_3 - 1.11x_1^2 - 1.06x_2^2 - 0.985x_3^2$$

натуралды факторларда

$$E = -114.92 + 1.028T + 2.217\tau + 0.754m - 0.00025T\tau + 0.0019Tm - 0.005\tau m - 0.0028T^2 - 0.0424\tau^2 - 0.2463m^2$$

Математикалық үлгілердің адекваттылығы Фишер критериі бойынша тексерілді. Қайталану дисперсиясы:

$$S^2(\bar{y}) = \frac{0.2152}{5-1} = 0.0538.$$

Адекваттылық дисперисиясы:

$$S^2_{\text{ад}} = \frac{0.585 - 0.2152}{17-10-(5-1)} = 0.1234.$$

Фишер критериінің есептік мәні:

$$F_e = \frac{S^2_{\text{ад}}}{S^2(\bar{y})} = \frac{0{,}1234}{0{,}0538} = 2{,}29 < \text{F}_\text{к}.$$

Дисперсиялардың еркіндік дәрежедері:

$f_E=n_0 – 1 = 5 – 1 = 4$;

$f_{ад}=N – \lambda - (n_0 - 1) = 17 – 10 - (5 - 1) = 3$.

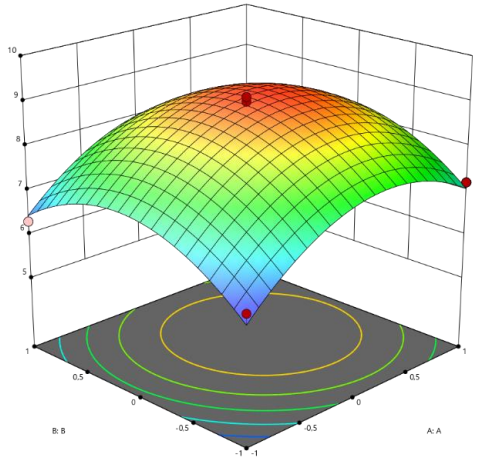
Фишер критериінің кестелік мәне $f_E = 4$ және $f_{ад} = 3$ үшін $F_к = 6,59$ тең. $F_e < F_k$ теңсіздігі орындалатын болғандықтан адекваттылық туралы гипотеза қабылданады.

Зерттеу облысындағы органолептикалық көрсеткіштердің максималды мәндерін анықтау мақсатында төмендегі шарттар үшін математикалық үлгілердің сызбаларын жасаймыз:

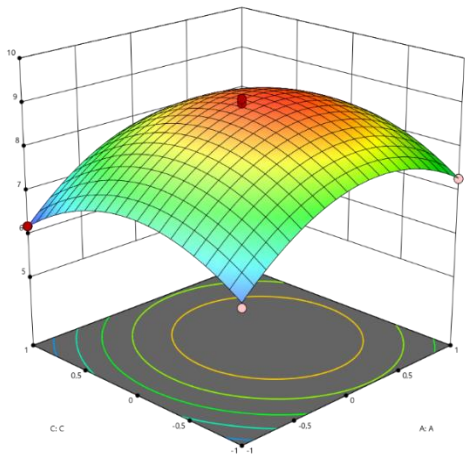
а) $f(x_1, x_2)$, $x_3 = 0$ немесе $Y = f(T, \tau)$, m = 2 г (1 сурет);

б) $f(x_1, x_3)$, $x_2 = 0$ немесе $Y = f(T, m)$, τ = 25 мин (2 сурет);

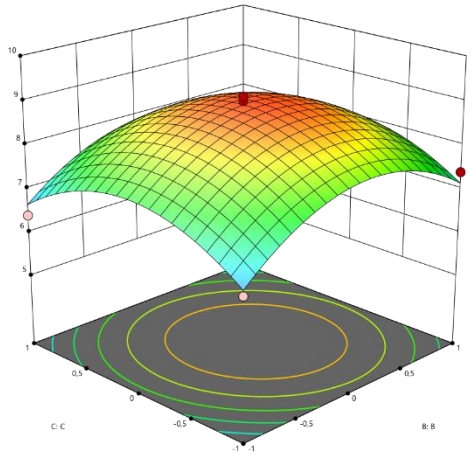
в) $f(x_2, x_3), x_1 = 0$ немесе $Y = f(\tau, m)$, T = 180°С (3 сурет).



Сурет 1. Нанның органолептикалық көрсеткіштерінің пісіру температурасы мен ұзақтығына тәуелділігі



Сурет 2. Нанның органолептикалық көрсеткіштерінің пісіру температурасы мен қауынның құрғақ ұнтағы мөлшеріне тәуелділігі



Сурет 3. Нанның органолептикалық көрсеткіштерінің пісіру ұзақтығы мен қауынның құрғақ ұнтағы мөлшеріне тәуелділігі

Сызбаларды талдау барысында келесі нәтижелерге қол жеткізілді:

– 1 суретте нанның органолептикалық көрсеткіштерінің *Y* пісіру температурасы *T* мен ұзақтығына τ тәуелділігі көрсетілген. Суреттен пісіру ұзақтығы $T = 185°C$ және пісіру ұзақтығы $\tau = 25{,}5$ мин болғанда органолептикалық көрсеткіштің ең жоғары мәні $Y = 8{,}9$ тең екендігі анықталды. Қауынның құрғақ ұнтағының мөлшері $m = 2$ г тең.

– 2 суреттен пісіру температурасы *T* және қауынның құрғақ ұнтағының мөлшерінің *m* нанның органолептикалық көрсеткіштеріне пісіру ұзақтығының $\tau = 25$ мин болған жағдайдағы әсерін көруге болады. Органолептикалық көрсеткіштердің ең жоғары мәніне $Y = 8{,}89$ пісіру температурасы $T = 185°C$ және қауынның құрғақ ұнтағының мөлшері $m = 2$ г шамасында қол жеткізуге болатындығы анықталды.

– 3 суреттен пісіру ұзақтығының $\tau = 25{,}5$ мин және қауынның құрғақ ұнтағы мөлшерінің $m = 2$ г шамасында органолептикалық көрсеткіштердің ең үлкен мәні $Y = 8{,}84\%$ болатындығын көруге болады.

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері нанның органолептикалық көрсеткіштерінің ең жоғары мәндері пісіру температурасы T = 185°C, пісіру ұзақтығы τ = 25 мин және кептірілген қауын ұнтағының мөлшері m = 2 г болғанда алынғанын көрсетті. Бұл жағдайда нанның органолептикалық көрсеткіштерінің ең жоғары мәні Y = 8,9-9 баллды құрады.

Әдебиеттер тізімі

1. Шмалько, Н.А. Моделирование состава композиции хлебопекарного улучшителя направленного действия [Текст] / Н.А. Шмалько // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – № 3. – С. 126-148.
2. Лукин, А.А. Перспективы создания хлебобулочных изделий функционального назначения [Текст] / А.А. Лукин // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3. – № 1. – С. 95-97.
3. Иванова И.В. Использование и получение фруктовых и овощных добавок в производстве мучных, кондитерских и хлебобулочных изделий [Текст] / И.В. Иванова [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 1. – С. 43-47.
4. Ержанова, М.Е. Қауын ұнтағы қосылған ұлттық нан өнімдерін өндірудің технологиясын зерттеу [Мәтін] / М.Е. Ержанова, Б.Е. Солтыбаева, А.К.

Садыбаев, А.С. Боранкулова, А.С. Умирбекова, Л.Ж. Алашбаева // Механика және технологиялар. – 2025. – № 3(89). – Б. 82-90.

5. Спирин, Н.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента [Текст]: учебное пособие / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, Л.А. Зайнуллин, А.Р. Бондин, А.А. Бурыкин. – Екатеринбург: ООО «УИНЦ», 2015. – 289 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 инжинирингтік орталық құру» жоба аясында орындалды.

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

Материал редакцияға 12.11.25 түсті, 25.12.25 қабылданды.

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

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

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ ХЛЕБА С ДОБАВЛЕНИЕМ ПОРОШКА ДЫНИ

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, проведенных с целью повышения функциональных свойств и пищевой ценности национального хлеба – лепешки, путем добавления в состав сухого порошка дыни и определения эффективной рецептуры хлеба. Экспериментальные исследования проводились с использованием плана Бокса-Бенкена, учитывающего три фактора на трех уровнях. Качество выпеченного хлеба оценивалось по органолептическим показателям. В результате обработки экспериментальных значений определялись температура и продолжительность выпечки хлеба, а также количество сухого порошка дыни.

Ключевые слова: хлеб, температура выпечки, продолжительность выпечки, сухой порошок дыни, органолептические показатели, дегустация.

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

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

OPTIMIZATION OF BREAD FORMULATION WITH THE ADDITION OF MELON POWDER

Abstract. The article presents the results of experimental studies aimed at improving the functional properties and nutritional value of traditional bread (flatbread) by incorporating dried melon powder into the formulation and determining the optimal bread recipe. The experimental studies were carried out using a Box-Behnken design, which considers three factors at three levels. The quality of the baked bread was evaluated based on organoleptic characteristics. As a result of processing the

experimental data, the optimal baking temperature and baking time, as well as the amount of dried melon powder, were determined.

Keywords: bread, baking temperature, baking time, dried melon powder, organoleptic properties, tasting.

References

1. Shmalko N.A. Modelirovanie sostava kompozitsii khlebopekarnogo uluchshitelya napravlennogo deistviya [Modeling the Composition of a Targeted Bakery Improver] // Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. – 2021. – No. 3. – P. 126-148. [in Russian].
2. Lukin A.A. Perspektivy sozdaniya khlebobulochnykh izdelii funktsional'nogo naznacheniya [Prospects for the Development of Functional Bakery Products] // ulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. – 2015. – Vol. 3. – No. 1. – P. 95-97. [in Russian].
3. Ivanova I.V. et al. Ispol'zovanie i poluchenie fruktovykh i ovoshchnykh dobavok v proizvodstve muchnykh, konditerskikh i khlebobulochnykh izdelii [Use and Production of Fruit and Vegetable Additives in the Manufacture of Flour, Confectionery, and Bakery Products] // Technologies of Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products. – 2016. – No. 1. – P. 43-47. [in Russian].
4. Erzhanova M.E., Soltybaeva B.E., Sadybaev A.K., Borankulova A.S., Umirbekova A.S., Alashbaeva L.Zh. Kauyn untagy qosylgan ulttyq nan onimderin ondirdin tehnologiyasyn zertteu [Study of the Technology for Producing Traditional Bread Products with the Addition of Melon Powder] // Mechanics and Technologies. – 2025. – No. 3(89). – P. 82-90. [in Kazakh].
5. Spirin, N.A., Lavrov, V.V., Zainullin, L.A., Bondin, A.R., Burykin, A.A. Metody planirovaniya i obrabotki rezul'tatov inzhenernogo eksperimenta [Methods of Planning and Processing the Results of an Engineering Experiment]: Textbook. – Ekaterinburg: UINTs LLC, 2015. – 289 p. [in Russian].

ҒТАМР 65.09.03 : 68.35.31

М.У. Жонысова[1] – *негізгі автор*,
Н. Оңғарбаева[2], Б.О. Құлжанова[3], М. Байғайыпқызы[4]

[1]*Аға ғылыми қызметкер,* [2]*Техн. ғылым. д-ры, профессор,* [3]*PhD,* [4]*Докторант*

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0002-7601-9248* [2]*https://orcid.org/0000-0001-7908-5091*
[3]*https://orcid.org/0000-0002-7266-8566* [4]*https://orcid.org/0000-0002-1092-1853*

[1,3]*«Ғылыми-білім беру орталығы «Qazupa» ЖШС, Алматы, Қазақстан*
[2,4]*Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан*

@ [1]*mira_86u@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/HQUQ1665

ҚАЗАҚСТАНДА ӨСІРІЛЕТІН НОҚАТ (CICER ARIETINUM L.) ПЕН БҰРШАҚ (PISUM SATIVUM L.) СҰРЫПТАРЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ

Аңдатпа. Мақалада Қазақстан Республикасында өсірілетін ноқат (*Cicer arietinum L.*) пен бұршақтың (*Pisum sativum L.*) дәндерінің физика-химиялық көрсеткіштеріне кешенді баға берілді. Негізгі параметрлер (натурасы, 1000 дән массасы, тығыздығы, дән көлемі, ылғалдылығы және қышқылдығы) анықталып, салыстырмалы талдау жүргізілді. Ноқаттың жоғары натурасымен, 1000 дән массасымен және дән көлемімен ерекшеленетіні, ал бұршақтың тығыздығы жоғары әрі қышқылдығы төмен екені анықталды. Алынған нәтижелер жергілікті генотиптердің қасиеттері туралы деректерді толықтырып, аталған дақылдардың тамақ өнеркәсібінде қолдануға технологиялық жарамдылығын дәлелдейді.

Тірек сөздер: ноқат, бұршақ, дәнді-бұршақты дақылдар, физика-химиялық көрсеткіштер, дәннің натурасы, 1000 дән массасы, тығыздық, қышқылдық, тамақ өнеркәсібі.

Жонысова, М.У. Қазақстанда өсірілетін ноқат (Cicer arietinum L.) пен бұршақ (Pisum sativum L.) сұрыптарының физика-химиялық сипаттамасы [Мәтін] / М.У. Жонысова, Н. Оңғарбаева, Б.О. Құлжанова, М. Байғайыпқызы // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.130-137. https://doi.org/10.55956/HQUQ1665

Кіріспе. Жаһандық халық санының өсуі, агроөнеркәсіптік сектордың қарқынды дамуы және экологиялық таза әрі функционалдық тағам өнімдеріне сұраныстың жедел артуы жағдайында бұршақ тұқымдас дақылдардың маңызы айрықша артып келеді. Солардың ішінде ноқат *(Cicer arietinum L.)* пен бұршақ *(Pisum sativum L.)* өсімдік ақуызының, алмастырылмайтын аминқышқылдарының, тағамдық талшықтардың, В тобы дәрумендерінің, темір, кальций, магний, мырыш сияқты минералдардың, сонымен қатар, антиоксиданттардың жоғары мөлшеріне байланысты жетекші орын алады [1,2]. Олардың биохимиялық құрамы бұл дақылдарды құнды тағамдық ресурс қана емес, сонымен қатар денсаулыққа пайдалы, профилактикалық және диеталық тағам өнімдерін әзірлеуге арналған негізгі ингредиенттерге айналдырады [3,4].

Соңғы жылдары бұршақ тұқымдас дақылдарды функционалдық тағамдар өндірудің негізі ретінде пайдалану үрдісі айтарлықтай артып келеді. Бұған аз көлемде өңдеуді қажет ететін немесе пісіруді талап етпейтін тез дайындалатын өнімдер де жатады. Бұршақ пен ноқат азық-түлік индустриясында өсімдік тектес ақуыздың баламалы көздері ретінде жоғары сұранысқа ие. Олар сүт ұнтағы, казеин, жұмыртқа альбумині және желатин сияқты жануар тектес ингредиенттердің орнын баса отырып, дайын өнімдердің қажетті органолептикалық және технологиялық қасиеттерін сақтап қала алады [5,6].

Мысалы, бұршақ ақуызы өнімдерге су ұстау қабілеті, эмульгирлеу қасиеті, көбік түзу және гель түзу мүмкіндігі, текстураның тұрақтануы, сондай-ақ құрамындағы лизин аминқышқылының болуына байланысты беткі қабаттың қоңырлануын жақсарту сынды маңызды функционалдық қасиеттерді қалыптастырады. Бұған қоса, ол дайын өнімнің тағамдық құндылығын арттырып, оның өндірістік өзіндік құнын төмендетуге ықпал етеді. Аталаған қасиеттерінің нәтижесінде бұршақ ақуызы нан-тоқаш, макарон, ет, сүт және кондитерлік өнімдерде ақуыздық байытқыш ретінде кеңінен қолданылады [7].

Бұршақ жармаларын қолданудағы негізгі шектеу ұзақ уақытты талап ететін термиялық өңдеу кезеңі болып табылады. Алайда гидротермиялық өңдеу, экструзия, микронизация, үлпектендіру және тез дайындалатын үлпектерді өндіру сияқты заманауи технологиялық шешімдердің дамуы бұл уақытты едәуір қысқартуға мүмкіндік берді, сонымен қатар жоғары тағамдық және органолептикалық сапаны сақтап қалды. Қазіргі уақытта қосымша пісіруді қажет етпейтін, дайын күйінде немесе тез дайындалатын өнімдерді әзірлеуге ерекше көңіл бөлінуде. Бұл үрдіс заманауи өмір салты талаптарына және тұтынушылардың ыңғайлы тағам өнімдеріне деген сұранысының тұрақты артуына сәйкес келеді [8].

Қазақстанда ауқымды ауылшаруашылық өндірісі үшін салыстырмалы түрде жаңа дақыл болып саналатын ноқат та инновациялық тағам өнімдерін әзірлеуде айтарлықтай сұранысқа ие. Оның құрғақшылыққа төзімділігі, жоғары энергия сыйымдылығы және аминқышқылдық құрамының жақсы теңгерімділігі бұл дақылды агро азық-түлік бағытындағы ғылыми зерттеулер үшін перспективалы нысанға айналдырады [9].

Қазақстанның агроклиматтық жағдайларына бейімделген ноқат пен бұршақ сорттарының физика-химиялық қасиеттерін кешенді түрде бағалау олардың технологиялық өңдеуге жарамдылығын және тағамдық әлеуетін айқындауға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде функционалдық және дайын күйінде тұтынуға арналған өнімдер өндірісіне аталған дақылдарды тиімді енгізуге ғылыми-технологиялық негіз қалайды.

Ноқат пен бұршақ тұқымдарының сапасын бағалауда көлемдік салмақ, ылғалдылық мөлшері, 1000 дән массасы, ядро көлемі, қышқылдығы және тығыздығы сияқты физика-химиялық көрсеткіштерге ерекше мән беріледі. Бұл сипаттамалар негізгі технологиялық параметрлермен тікелей байланысты және өңдеу әдістерін оңтайландыруда, шикізатты тиімді бағытта пайдалануды айқындауда, сондай-ақ бәсекеге қабілетті тағам өнімдерін әзірлеуде маңызды рөл атқарады.

Аталған көрсеткіштер шикізаттың технологиялық жарамдылығын анықтап қана қоймай, өңдеу жабдықтарын және технологиялық режимдерді таңдауға әсер етеді, сонымен бірге жарма және ақуыз изоляттары сияқты дайын өнімдердің шығымы мен сапасына ықпал етеді.

Осы зерттеудің өзектілігі Қазақстан жағдайында өсірілетін бұршақ тұқымдас дақылдардың физика-химиялық қасиеттерін жан-жақты және ғылыми негізделген бағалау қажеттілігімен түсіндіріледі. Бұл дақылдардың теңгерімді және функционалдық тамақтануды қамтамасыз етудегі маңызы артып келе жатқанын ескерсек, олардың қасиеттерін терең зерттеу ерекше маңызға ие. Ноқат пен бұршаққа қатысты ғылыми және өндірістік қызығушылықтың артуына қарамастан, аймақтық агроклиматтық жағдайларда қалыптасқан жергілікті генотиптердің физика-химиялық сипаттамаларын жүйелі түрде сипаттайтын деректер әлі де жеткіліксіз.

Алынған нәтижелер жергілікті сұрыптардың сапалық көрсеткіштерін тереңірек түсінуге мүмкіндік беріп қана қоймай, ұлттық генқорды тиімді пайдалану мен өңдеу технологиялары мен өнім рецептурасын әзірлеуге арналған практикалық ұсынымдарды қалыптастыруға ықпал етеді. Бұл деректер биологиялық және энергия сыйымдылығы жоғары тағам өнімдерін өндіруді қолдауға бағытталған.

Осылайша, ноқат пен бұршақтың физика-химиялық параметрлерін зерттеу ауыл шаруашылығы және тағамтану ғылымдары үшін теориялық маңызға, сондай-ақ Қазақстанның агро азық-түлік секторында азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету, функционалдық тамақтануды дамыту және импортты алмастыру стратегияларын жүзеге асыру үшін тәжірибелік құндылыққа ие.

Бұл зерттеудің мақсаты – ноқат (*Cicer arietinum L.*) және бұршақ (*Pisum sativum L.*) тұқымдарының тағам өндірісінде қолдануға мүмкіндік беретін негізгі физика-химиялық параметрлерін айқындау.

Мақсатқа қол жеткізу үшін төмендегідей міндеттер белгіленді:

– ноқат пен бұршақ үлгілерінің негізгі физика-химиялық көрсеткіштерін анықтау (көлемдік салмақ, 1000 дән массасы, ядро көлемі, тығыздық, ылғалдылық және қышқылдық);

– әр дақылдың өзіндік ерекшеліктерін айқындау мақсатында алынған деректерге салыстырмалы талдау жүргізу;

– бұл көрсеткіштердің түрлі тағам өнімдерін өндірудегі технологиялық жарамдылығы тұрғысынан маңызын бағалау.

Ғылыми жаңалығы. Қазақстан Республикасында өсірілген ноқат (*Cicer arietinum L.*) және бұршақ (*Pisum sativum L.*) тұқымдарының физика-химиялық қасиеттеріне алғаш рет кешенді салыстырмалы талдау жүргізілді. Алынған нәтижелер жергілікті бұршақ дақылдары генотиптерінің қасиеттері жөніндегі қолданыстағы ғылыми деректерді нақтылай түседі және олардың тағам өнеркәсібінде қолдануға технологиялық тұрғыдан жарамды екенін растайды.

Айқындалған параметрлер бұршақ тұқымдас дақылдардың сақталуына және өңделуіне оңтайлы жағдайларды таңдауға негіз бола алады. Бұл агро азық-түлік өндірісінің тиімділігін арттыруға және жоғары тағамдық әрі биологиялық құндылығы бар отандық өнімдер ассортиментін кеңейтуге ықпал етеді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Үлгілерді таңдау, оларды дайындау және аналитикалық зерттеулер ноқат пен бұршақ тұқымдарының қасиеттерін бағалауға арналған стандартты және арнайы әдістер бойынша жүргізілді. Қабылдау және іріктеу рәсімдері МЕМСТ 13586.3-2015 «Астық. Қабылдау ережелері және сынама алу әдістері» талаптарына сәйкес орындалды.

Зерттеу нысандары ретінде «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» (ҚазЕӨШҒЗИ) шығарған, Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде (Түркістан, Алматы және Жамбыл облыстары) өсірілетін «Нұрлы-80» ноқат сұрыбы пайдаланылды. Сонымен қатар, аталмыш ғылыми мекеме шығарған, еліміздің оңтүстік және солтүстік өңірлеріне бейімделген «Ақсары» бұршақ сұрыбының үлгілері зерттелді. Талдаулар үшін 2023-2024 жылдардағы өнім үлгілері қолданылды.

Аналитикалық әдістер.

– Көлемдік салмақ – МЕМСТ 10840-2017 «Астық. Көлемдік салмақты анықтау әдісі» бойынша анықталды.

– 1000 дән массасы – МЕМСТ 10842–89 «Астық және тұқымдар. 1000 дән массасын анықтау әдісі» бойынша анықталды.

– Ылғалдылық мөлшері (%) – МЕМСТ 13586.5-2015 «Астық және оның қайта өңдеу өнімдері. Ылғалдылықты анықтау әдістері» бойынша анықталды.

– Қышқылдық (езінді әдісі бойынша) – МЕМСТ 10844-74 «Астық және оның өңдеу өнімдері. Қышқылдықты анықтау әдістері» бойынша анықталды.

– Ядро көлемі – сұйықтықты ығыстыру әдісі арқылы (ығыстыру ортасы ретінде ксилол/толуол қолданылды) өлшенді және формула (1) бойынша есептелді.

$$V = \frac{V_1}{N} \quad (1)$$

мұнда: V – бір дәннің көлемі (мм³ немесе см³); V_1 – ығыстырылған сұйықтықтың жалпы көлемі (мм³ немесе см³); N – сынамадағы дәндердің саны.

Дәннің тығыздығы пикнометриялық әдіс арқылы анықталды, жұмыс сұйықтығы ретінде ксилол немесе толуол қолданылды және формула (2) бойынша есептелді:

$$\rho = \gamma \cdot \frac{Q+\gamma-P}{\Delta} \quad (2)$$

мұнда: ρ – дән тығыздығы (г/см³); γ – тәжірибе жүргізілген температурадағы еріткіштің (ксилол немесе толуол) тығыздығы (г/см³); Q – бос пирнометрдің массасы (г); P – пикнометрдің дәнмен бірге массасы (г); Δ – ығыстырылған сұйықтықтың массасы, келесідей анықталады:

$$\Delta = Q + \gamma + V_{liq} - P \quad (3)$$

мұнда: V_{liq} – пикнометрдің белгі сызығына дейін құйылған сұйықтықтың көлемі.

Анықтама үшін: 20°С температурадағы еріткіштердің тығыздықтары:

– бензол $\delta_{(b)}$ = 0,879 г/см³,

– о-ксилол $\delta_{(o)}$ = 0,863 г/см³,

– толуол = 0,867 г/см³.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ноқат пен бұршақ Қазақстанда өсірілетін ең маңызды бұршақ тұқымдас дақылдардың қатарына жатады. Бұл дақылдар жоғары тағамдық құндылықпен ерекшеленеді және

өсімдік тектес ақуыздың негізгі көздері ретінде кеңінен танылады. Қазақстанның агроклиматтық жағдайларына жақсы бейімделуі және ұлттық азық-түлік индустриясындағы маңыздылығының артуы олардың технологиялық жарамдылығын және өңдеу көрсеткіштерін айқындайтын физика-химиялық қасиеттерін жан-жақты бағалауды талап етеді.

1 және 2-кестелерде тиісінше ноқат пен бұршақ үлгілерінің негізгі физика-химиялық параметрлерін анықтау нәтижелері берілген. Алынған деректер екі дақылды салыстырмалы түрде талдауға және оларды тағам өндірісінде қолдану мүмкіндіктерін бағалауға мүмкіндік береді.

Кесте 1

Ноқат тұқымдарының физика-химиялық параметрлері

Параметрлер	№ 1	№ 2	№ 3	Орташа мән
Көлемдік салмақ, г/л	792,4	795,1	793,8	793,8 ± 1,4
1000 дәннің салмағы, гр	248,3	247,6	249,1	248,3 ± 0,7
Тығыздығы, гр/см³	1,28	1,29	1,27	1,28 ± 0,01
Ядро көлемі, мм³	195,2	194,8	196,0	195,3 ± 0,6
Ылғалдылық, %	11,8	11,6	11,7	11,7 ± 0,1
Қышқылдық деңгейі (°)	5,0	4,8	4,9	4,9 ± 0,1

Кесте 2

Бұршақ тұқымдарының физика-химиялық параметрлері

Параметрлер	№ 1	№ 2	№ 3	Орташа мән
Көлемдік салмақ, г/л	765,3	768,1	766,7	766,7 ± 1,4
1000 дәннің салмағы, гр	162,4	161,8	163,2	162,5 ± 0,7
Тығыздығы, гр/см³	1,31	1,30	1,32	1,31 ± 0,01
Ядро көлемі, мм³	47,5	47,2	47,8	47,5 ± 0,3
Ылғалдылық, %	12,1	11,9	12,0	12,0 ± 0,1
Қышқылдық деңгейі (°)	4,5	4,3	4,4	4,4 ± 0,1

1-кестеде келтірілген деректерді талдау ноқаттың орташа көлемдік салмағы 793,8 г/л құрайтынын көрсетті, бұл тұқымдардың жақсы жетілгенін және біркелкілігін білдіреді. Мың дәннің массасы орта есеппен 248,3 г болды және үлгілер арасындағы өзгеріс шамалы ғана болды. Тұқымның тығыздығы 1,28 г/см³ деңгейінде анықталды, ал ядроның орташа көлемі 195,3 мм³-ке жетті, бұл дақылдың ірі дәнді екенін растайды. Ылғалдылық мөлшері 11,6-11,8% аралығында өзгеріп, орташа 11,7% болды, бұл тұқымды сақтау үшін ұсынылатын нормативтерге сәйкес келеді. Титрленетін қышқылдық 4,8-5,0° аралығында, орташа 4,9° деңгейінде болды, бұл тұқымдардың физиологиялық сапасының қанағаттанарлық екенін көрсетеді.

Ал, 2-кестеде келтірілген деректер бұршақ тұқымдарының бірқатар өзге ерекшеліктерге ие екенін көрсетеді. Олардың орташа көлемдік салмағы 766,7 г/л құрап, ноқатқа қарағанда төмен болды, бұл дәндердің толықтығы мен толықтырылу дәрежесінің салыстырмалы түрде төмен екенін білдіреді. Мың дән массасы 162,5 г деңгейінде болып, ноқатқа қарағанда едәуір төмен, яғни тұқымдардың майда екенін айғақтайды. Дәндердің көлемі кіші (47,5 мм³) болғанымен, олардың тығыздығы сәл жоғары – 1,31 г/см³. Орташа ылғалдылық мөлшері 12,0% болып, ноқатқа қарағанда біршама жоғары екені байқалды. Қышқылдық деңгейі 4,4° құрап, төменірек болды, бұл тұқымдардың физиологиялық жағдайының неғұрлым қолайлы екенін көрсетеді.

Жалпы алғанда, екі дақыл да тұрақты физика-химиялық параметрлерге ие, алайда бірқатар негізгі көрсеткіштер бойынша айтарлықтай айырмашылық байқалады. Ноқат дәндерінің ірі болуы және мың дән массасының жоғары болуы оны ақуыз-крахмалдық шикізат көзі ретінде неғұрлым құнды етеді. Ал бұршақтың тығыздығының жоғары және қышқылдығының төмен болуы оны тез дайындалатын немесе жедел тағам өнімдеріне өңдеу үшін белгілі бір технологиялық артықшылықтарға ие етеді.

Түсінікті болу үшін екі дақылға тән негізгі көрсеткіштердің орташа мәндері 3-кестеде жинақталған.

Кесте 3

Ноқат және бұршақ тұқымдарының салыстырмалы параметрлері (орташа мәндер)

Параметрлер	Ноқат	Бұршақ
Көлемдік салмақ, г/л	793,8 ± 1,4	766,7 ± 1,4
1000 дәннәі салмағы, гр	248,3 ± 0,7	162,5 ± 0,7
Тығыздығы, гр/см³	1,28 ± 0,01	1,31 ± 0,01
Ядро көлемі, мм³	195,3 ± 0,6	47,5 ± 0,3
Ылғалдылық, %	11,7 ± 0,1	12,0 ± 0,1
Қышқылдық деңгейі (°)	4,9 ± 0,1	4,4 ± 0,1

3-кестеде ұсынылған деректерді салыстырмалы талдау ноқат пен бұршақ тұқымдарының физика-химиялық сипаттамаларында айқын айырмашылықтар бар екенін көрсетті.

Ноқаттың көлемдік салмағы бұршаққа қарағанда жоғары болды (793,8 г/л және 766,7 г/л, сәйкесінше), бұл дәндердің жақсы толысқанын және біркелкі қалыптасқанын білдіреді. Мың дән массасы бойынша ноқат бұршақты шамамен 85 г-ға артта қалдырды (248,3 г қарсы 162,5 г), бұл дақылдың ірі дәнді екенін және ақуыз-крахмалдық шикізат көзі ретінде оның құндылығын растайды. Сонымен қатар, ноқаттың орташа ядро көлемі бұршаққа қарағанда төрт еседен астам жоғары болды (195,3 мм³ және 47,5 мм³), бұл өңдеу тиімділігі және тағам технологияларында қолдану тұрғысынан маңызды фактор болып табылады.

Керісінше, бұршақ тұқымдары ноқатқа қарағанда жоғары орташа тығыздыққа ие болды (1,31 г/см³ қарсы 1,28 г/см³), сондай-ақ қышқылдық деңгейі төмен болды (4,4° қарсы 4,9°), бұл олардың сақтау тұрақтылығының жоғары екенін және физиологиялық жағдайының неғұрлым қолайлы екенін көрсетеді. Бұдан бөлек, бұршақтың ылғалдылық мөлшері сәл жоғары (12,0% қарсы 11,7%) болып анықталды, бұл сапаның төмендеуіне жол бермеу үшін сақтау шарттарын қатаң бақылауды талап етеді.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер ноқаттың ірі дәнділігі, жоғары көлемдік салмағы және мың дән массасының үлкендігі оның концентрленген ақуыз-крахмал фракцияларын және функционалдық тағам өнімдерін өндіруге ерекше қолайлы екендігін көрсетеді. Ал бұршақтың тығыздығының жоғары және қышқылдығының төмен болуы, шикізаттың тұрақтылығы мен функционалдық-технологиялық қасиеттерінің сақталуы ерекше маңызды болып табылатын жедел дайындалатын тағамдар мен күрделі тағамдық жүйелерді өндіру үшін оны перспективалы дақыл ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері төмендегідей қорытындылар жасауға мүмкіндік берді:

1. Қазақстан Республикасында өсірілетін ноқат (*Cicer arietinum L.*) және бұршақ (*Pisum sativum L.*) сұрыптарының физика-химиялық параметрлеріне алғаш рет кешенді бағалау жүргізілді. Анықталған көрсеткіштер – көлемдік салмақ, 1000 дән массасы, тығыздық, ядро көлемі, ылғалдылық және қышқылдық олардың тағам өнеркәсібінде қолдануға технологиялық жарамдылығын сипаттайды.

2. Ноқаттың көлемдік салмағының (793,8 г/л), 1000 дән массасының (248,3 г) және ядро көлемінің (195,3 мм³) жоғары болуы оның ірі дәнді екенін растайды және ақуыз-крахмал концентраттарын, сондай-ақ функционалдық тағам өнімдерін өндіру үшін перспективалы шикізат болып табылатынын көрсетеді.

3. Бұршақтың тығыздығының жоғары (1,31 г/см³) және қышқылдығының төмен (4,4°) болуы оның сақтау тұрақтылығының жоғары екенін және тез дайындалатын әрі ыңғайлы тағам өнімдеріне өңдеу үшін қолайлы екенін айқындайды.

4. Алынған нәтижелер жергілікті ноқат және бұршақ генотиптерінің қасиеттері туралы ғылыми түсініктерді кеңейтеді және селекциялық бағдарламаларда, сақтау мен өңдеу жағдайларын оңтайландыруда, сондай-ақ тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары бәсекеге қабілетті отандық өнімдерді әзірлеуде практикалық маңызға ие.

Әдебиеттер тізімі

1. Jukanti A.K., Gaur P.M., Gowda C.L.L., Chibbar R.N. Nutritional quality and health benefits of chickpea (Cicer arietinum L.): a review // British Journal of Nutrition. – 2012. – Vol. 108, No. 1. – P. S11-S26.
2. Begum N., Hossain M., Hasanuzzaman M. Nutritional composition, health benefits and bio-active compounds of chickpea // Frontiers in Nutrition. – 2023. – Vol. 10. – Art. 1218468.
3. Wu D.T., Wang L., Ma W., Yao X.H., Lv W.J., Shang A. A comprehensive review of pea (Pisum sativum L.) // Foods. – 2023. – Vol. 12, No. 14. – Art. 2820.
4. Akin M., Korkmaz A., Kaya M. Nutritional composition and health benefits of peas: a comprehensive overview // Frontiers in Nutrition. – 2025. – Vol. 12. – Art. 1550142.
5. Costantini M., Biasini G., Marti A. Macro- and micro-nutrient composition and antioxidant activity of chickpea and pea // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. – 2021. – Vol. 71, No. 2. – P. 157-165.
6. Shanthakumar P., Klepacka J., Bains A.B., Chawla P., Dhull S.B. The current situation of pea protein and its application in the food industry // Molecules. – 2022. – Vol. 27, No. 18. – Art. 6215.
7. Patil N. D., et al. A review on sustainable non-thermal approaches for pea protein // Frontiers in Nutrition. – 2025. – Vol. 12. – Art. 12212169.
8. Grasso N. Chickpea proteins exhibit functional properties such as solubility, water and oil absorption capacity, emulsifying, foaming, and gelling abilities // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2022.
9. Chudasama M., Goyary J., Khan A. Chemical and techno-functional characterization of pea protein: a review // Technische Sicherheit. – 2023. – Vol. 23, No. 11. – P. 153-164.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған AP25796105 «Қазақстанда аудандастырылған бұршақ және ноқаттың өскінді дәндерінен үлпек технологиясын әзірлеу» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 05.09.25 түсті, 25.12.25 қабылданды.

М.У. Жонысова[1], Н. Оңғарбаева[2], Б.О. Құлжанова[1], М. Байғайыпқызы[2]

[1]Научно-Образовательный центр «Qazyna», Алматы, Казахстан
[2]Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ НУТА (CICER ARIETINUM L.) И ГОРОХА (PISUM SATIVUM L.), ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В статье представлена комплексная оценка физико-химических показателей семян нута (Cicer arietinum L.) и гороха (Pisum sativum L.), возделываемых в Республике Казахстан. Определены основные параметры (натура, масса 1000 семян, плотность, объём зерновки, влажность и кислотность), проведён их сравнительный анализ. Установлено, что нут отличается более высокой натурой, массой 1000 семян и объёмом зерновки, тогда как горох характеризуется большей плотностью и низкой кислотностью. Полученные результаты дополняют сведения о свойствах местных генотипов и подтверждают технологическую пригодность изучаемых культур для использования в пищевой промышленности.

Ключевые слова: нут, горох, зернобобовые культуры, физико-химические показатели, натура зерна, масса 1000 семян, плотность, кислотность, пищевая промышленность.

M.U. Zhonyssova[1], N. Ongarbayeva[2], B.O. Kulzhanova[3], M. Baigaipkyzy[2]

[1]«Scientific and Educational Center “Qazyna” LLP, Almaty,Kazakhstan
[2]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF CHICKPEA (CICER ARIETINUM L.) AND PEA (PISUM SATIVUM L.) VARIETIES CULTIVATED IN KAZAKHSTAN

Abstract. The study provides a comprehensive assessment of the physicochemical properties of chickpea (Cicer arietinum L.) and pea (Pisum sativum L.) seeds cultivated in the Republic of Kazakhstan. Key parameters such as bushel weight, 1000-seed mass, density, kernel volume, moisture content, and acidity were determined and comparatively analyzed. The results showed that chickpea is characterized by higher bushel weight, 1000-seed mass, and kernel volume, whereas pea exhibited greater density and lower acidity. These findings expand the knowledge of local genotypes and confirm the technological suitability of chickpea and pea for application in the food industry.

Keywords: chickpea, pea, legumes, physicochemical properties, bushel weight, 1000-seed mass, density, acidity, food industry.

ҒТАМР 67.09.33

Е.Б. Мажитов[1] – *негізгі автор*,
Ж.С. Тулеугалиева[2], М.Ж. Рыскалиев[3], С.М. Жарылгапов[4], А.Б. Шингужиева[5], Е.Г. Талаптанов[6]

[1,3,5]PhD, [2]Техн. ғылым. магистрі, [4]PhD, қауымдас. профессор, [6]Магистрант

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0001-6155-4865 [2]https://orcid.org/0009-0008-1484-4585
[3]https://orcid.org/0000-0002-3361-2076 [4]https://orcid.org/0000-0002-3104-6568
[5]https://orcid.org/0000-0002-0097-6551 [6]https://orcid.org/0009-0009-4038-7020

[1,2,3,4,5,6]Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,

Орал, Қазақстан

[2]zhansayatuleugaliyeva@mail.ru

https://doi.org/10.55956/GIXK2666

КАРБОНАТТЫ ТОЛТЫРҒЫШ НЕГІЗІНДЕГІ СУДЫ АЗ ТҰТЫНАТЫН ЦЕМЕНТ

Аңдатпа. Өнеркәсіптік цементтердегі клинкердің мөлшерін азайту қажеттілігі энергия шығындарын және көмірқышқыл газының шығарындыларын төмендетуге бағытталған. Бұл мақсатқа жету үшін құрамында алмастырушы минералды қоспалар мөлшері жоғары (30-80%) аралас байланыстырғыштарды кеңінен қолдану қажет. Оларды пайдалану тек қымбат клинкер үлесін азайтумен ғана шектелмей, бетондардың құрылыс-техникалық қасиеттерін (су өткізбейтіндігі, аязға төзімділігі, жарықшақтарға төзімділігі, коррозияға төзімділігі) жақсартуға да мүмкіндік береді. Жұмыста минералды қоспаларды тиімді пайдаланудың жолы ұсынылып, төмен су тұтынатын цементтер (ТСЦ) әзірленді. Бұл цементтерде клинкер үлесі барынша азайтылған, бірақ технологиялық, пайдалану-техникалық және экологиялық көрсеткіштері бойынша олар аралас байланыстырғыштардан ғана емес, сондай-ақ Еуропа, Азия және Америкадағы өндірушілер шығаратын барлық жалпы құрылыс портландцементтерінен де асып түседі. Жұмыста стандартты портландцемент негізінде және карбонатты толтырғышты минералдық компонент ретінде қолданған ТСЦ негізінде дайындалған цемент тасына және бетондарға жүргізілген физика-механикалық сынақтардың салыстырмалы нәтижелері келтірілген. Рентгенографиялық фазалық талдау әдісімен ЦЕМ I 42,5Н цемент тасындағы және «карбонатты» ТСЦ-50 микроструктурасындағы кристаллогидраттардың құрамына салыстырмалы баға берілді. Зерттеу нәтижесінде ТСЦ-50 құрамында ГКАК-3 және ГКАК-1 түріндегі кальций гидрокарбоалюминаттарының түзілетіні анықталды, олар ерте қарқынды қатуға және 28 тәуліктегі жоғары белсенділікке ықпал ететіндігі байқалды.

Тірек сөздер: клинкер мөлшері, көмірқышқыл газының эмиссиясы, төмен су тұтынатын цемент, аралас байланыстырғыштар, суперпластификатор.

Мажитов, Е.Б. Карбонатты толтырғыш негізіндегі суды аз тұтынатын цемент [Мәтін] / Е.Б. Мажитов, Ж.С. Тулеугалиева, М.Ж. Рыскалиев, С.М. Жарылгапов, А.Б. Шингужиева, Е.Г. Талаптанов //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.138-150. https://doi.org/10.55956/GIXK2666

Кіріспе. Көптеген дамыған елдерде ең сұранысқа ие құрылыс материалы – цементтік бетон өндірісі жыл сайын 10 млрд м³-ден астам тұтыну көлеміне жетіп, клинкер мөлшерін азайту, беріктікті және технологиялық қасиеттерді арттыру, сондай-ақ ірі тоннажды өнеркәсіптік қалдықтарды кеңінен пайдалану бағытымен дамып келеді [1-4]. Бұл үрдіс ең үздік қолжетімді технологиялар (ЕҮҚТ) мен тұрақты экологиялық даму тұжырымдамасына негізделген айналмалы экономиканың қағидаттарына сәйкес келеді [5-7].

Бетонның негізгі компоненті – портландцемент, оның өндірісі көмірқышқыл газының жоғары эмиссиясымен, жылу және электр энергиясының үлкен шығындарымен, сондай-ақ сарқылатын табиғи шикізатты (саз, әктас) көп тұтынумен сипатталады. Портландцемент өндірісінің (оның клинкерлік құрамдасының) жоғары энергия тұтынуы мен экологиялық жүктемесі цемент пен бетон үшін клинкер мөлшерін бағалау көрсеткішін енгізуге алып келді. Осыған байланысты қазіргі уақытта және болашақта әлемдік цемент өнеркәсібінің даму бағытын анықтайтын келесі факторлар ерекшеленеді:

1. CO_2 шығарындыларын азайту, оған қол жеткізіледі:

а) цементтегі клинкер үлесін (клинкер мөлшерін) азайту арқылы, оны әртүрлі әсер ететін минералды қоспалармен алмастыру кезінде ұнтақтау барысында;

б) клинкер өндіруге арналған шикізат қоспасындағы карбонаттардың үлесін төмендету арқылы.

2. Энергия шығындарын азайту келесі тәсілдер арқылы жүзеге асырылады:

а) клинкерді күйдіру кезінде пештердегі отын шығынын төмендету (жылусыйымдылықты азайту);

б) шикізат қоспасын және, ең бастысы, цементті ұнтақтау кезінде электр энергиясын үнемдеу.

3. Клинкер өндірісінде техногендік және тұрмыстық қалдықтарды баламалы отын ретінде, ал цемент өндірісінде минералды қоспалар түрінде пайдалану.

Ең кеңінен қолданылатын, цемент зауыттарын айтарлықтай қайта жабдықтауды қажет етпейтін клинкер мөлшерін азайтудың әдісі – әртүрлі аралас цемент түрлерін алу үшін клинкерді т.н. алмастырушы қоспалармен (гидравликалық, пуццоландық, «инертті») бірге ұнтақтау болып табылады. Мұндай цементтердің қасиеттері еуропалық және ресейлік стандарттарда көрсетілген. Алайда, бұл цементтер энергия сыйымдылығы мен көміртегі ізін беріктік бірлігіне шаққанда тек аз мөлшерде төмендетеді, сонымен қатар суды көп қажет етеді және қоспасыз вяжущелермен салыстырғанда төмен белсенділікке ие.

Зерттеу деректері бойынша, өсіп келе жатқан энергия-экологиялық сын-қатерлерге жауап бере алатын жалғыз цемент түрі – төмен су тұтынатын цементтер (ТСЦ). Оларды портландцемент клинкерін минералды толтырғыштармен және суперпластификаторлармен бірге ұнтақтау арқылы алады. Бірқатар авторлардың [8-12] көпжылдық зерттеулері көрсеткендей, клинкер мөлшері 30-70% болатын ТСЦ технологиялық, пайдалану-техникалық және экологиялық көрсеткіштері бойынша әлемдік өндірушілер (Еуропа, Азия, Америка) шығаратын барлық жалпы құрылыс портландцементтерінен асып түседі.

ТСЦ артықшылықтары:

– пайдалану технологиясы бойынша портландцементке ұқсас, бетондар мен басқа материалдарда оңай қолданылады;

– арзан табиғи тау жыныстарын немесе ірі тоннажды өнеркәсіптік қалдықтарды 90%-ға дейін толтырғыш ретінде қолдануға мүмкіндік береді, бұл өндірістік цементтер деңгейінде вяжущелер маркасын алуға жағдай жасайды;

– экологиялық таза өндіріс технологиясына ие, өйткені қоршаған ортаға газ немесе шаң шығарындылары болмайды;

– карбонатты ТСЦ цемент зауыттарында аздаған технологиялық өзгерістермен өндіріле алады, егер негізгі шикізат ретінде әктас қолданылса;

– басқа ТСЦ түрлері өнеркәсіптік қалдықтардың ірі үйінділері жанындағы ұнтақтау қондырғыларында өндірілуі мүмкін;

– қолдану аясы бойынша ТСЦ жалпы құрылыс жұмыстарына арналған төмен клинкерлі вяжуще ретінде де, арнайы мақсаттар үшін де шығарылуы мүмкін.

Карбонатты толтырғыштармен (әктас, доломит, доломиттенген әктас және т.б.) дайындалған төмен су тұтынатын цементтер (ТСЦ) ерекше қызығушылық тудырады, өйткені олар Ресейде кең таралған және ең арзан шөгінді жыныстарға жатады. Сонымен қатар, олар кремнеземді толтырғыштарға қарағанда ұнтақтауға оңай, себебі беріктігі төмен және қаттылығы аз.

Карбонатты толтырғыштар цемент клинкерінің алюминатты фазасымен химиялық реакцияға түсе алады, нәтижесінде кальций гидрокарбоалюминаттары түзіледі (төмен температурада). Бұл процесс вяжуще бөлшектерінің гидратациясын жылдамдатып, цемент тасын қарқынды нығайтуға ықпал етеді.

ТСЦ технологиясына жақын жаңа тәсілдердің бірі – функционализация [13-15]. Бұл әдіс минералды компоненттерді механо- немесе механохимиялық активтендіруге, олардың тиімді араласуы мен гомогенизациясына негізделген. Функционализация негізінен ұнтақтау кезінде жүзеге асады және портландцементтің немесе толтырғыштың бетінде химиялық заттардың физикалық адсорбциясы немесе хемосорбциясы арқылы жүреді. Бұл заттар беттік керілісті төмендетіп, цемент ерітіндісін аэрациялап, оның пластификациясын жақсартады [16,17].

Зерттеу мақсаты – қозғалғыш бетон қоспаларынан дайындалған ауыр бетондарда жалпы құрылыс портландцементі мен карбонатты ТСЦ-нің салыстырмалы тиімділігін бағалау, сондай-ақ рентгенографиялық фазалық талдау әдісімен осы вяжущелердің қатаюы кезінде түзілетін жаңа қосылыстар құрамын зерттеу.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Байланыстырғыш ретінде МемСТ 31108 сәйкес «Akkermann Цемент» ЖШҚ өндірген қоспасыз портландцемент ЦЕМ I 42,5Н пайдаланылды. Оның минералдық және химиялық құрамы 1 және 2-кестелерде көрсетілген.

Суперпластификатор ретінде модификацияланған поликарбоксилат эфирлері негізіндегі ST-1 химиялық қоспасы (ЕТС-Казань ЖШҚ) қолданылды. Бұл 94 %-дан кем емес белсенді затты қамтитын ақ ұнтақ түріндегі қоспа. Оның тығыздығы 400-580 г/л, ал су ерітіндісінің pH мәні 8 ± 0,5.

Кесте 1

Портландцементтің минералогиялық құрамы

Атауы	Минералды құрамы, %				
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	ппп
ЦЕМ I 42,5Н («Akkermann Цемент» ЖШС)	60 ± 2	16 ± 1	6,5 ± 1	12 ± 0	5 ± 2

Кесте 2

Портландцементтің химиялық құрамы

Атауы	Минералдар құрамы, %								
	SiO_2	CaO	MgO	Fe_2O_3	CaOсв	Al_2O_3	SO_3	R_2O	ппп
ЦЕМ I 42,5Н («Akkermann Цемент» ЖШС)	22,1	65,65	1,28	4,53	0,16	4,67	0,38	0,73	0,5

«Карбонатты» ТСЦ екі сатылы, дәйекті-бөлек технология бойынша алынды. Бұл технология қоспасыз портландцементті суперпластификатормен алдын ала ұнтақтауды (ТСЦ-100 алу) және кейіннен оны карбонатты толтырғышпен қосымша ұнтақтауды (ТСЦ-50 алу) қамтиды. Ұнтақтау үшін СВМ-3 вибрациялық-шарлы диірмені қолданылды, оның қозғалтқыш қуаты – 3 кВт, ұнтақтау камерасының көлемі – 10 л. Ұнтақтауға арналған жүктеме массасы 1,5-3 кг аралығында болды.

Цементтік байланыстырғыштардың қасиеттері (меншікті беті, шынайы тығыздығы, қалыпты қоюлығы, қату мерзімі, беріктікке байланысты белсенділігі) қолданыстағы стандарттарға сәйкес анықталды [18]. Байланыстырғыштардың су тұтынуын салыстырмалы бағалау қалыпты қоюлықтың өзгеруі, цементті ерітіндінің мини-конус бойынша жайылуы, сондай-ақ ерітінді қоспасының су-цементтік қатынасы негізінде жүргізілді.

Мини-конус Суттард вискозиметрінің модификацияланған түрі болып табылады, оның диаметрі D/d = 40/20 мм, биіктігі h = 60 мм. Мини-конусты жоғарғы жиегіне дейін жылжымалы ерітіндімен толтырып, оны бірқалыпты жоғары көтерді. 30-40 секунд ішінде ерітінді горизонталь бетке жайылып, шеңбер түзді. Кейін екі өзара перпендикуляр бағытта жайылу диаметрлері өлшеніп, олардың орташа мәні есептелді.

Цементті тастың қысуға беріктігін анықтау 2×2×2 см өлшемді үлгілерде, ал ерітіндінің беріктігін – 4×4×16 см өлшемді үлгілерде жүргізілді. Барлық үлгілер қалыпты жағдайда (температура 22 ± 2°С, ауа ылғалдылығы кемінде 98%) қатайған.

Карбонатты толтырғыш ретінде Чодраял кен орнының (Ресей, Марий Эл Республикасы, Волжский ауданы, Чодраял ауылы) жынысынан алынған доломиттенген әктас ұны (МП-2 минералды ұнтағы) қолданылды. Ұнның қасиеттері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Чодраял кен орнының карбонатты толтырғышының қасиеттері

№	Көрсеткіштердің атауы	Өлш. бірл.	Қажетті мәндер	Нақты мәндер
1	2	3	4	5
1	Материал түрі және белсенділік дәрежесі	-	Инертті микроұнтақ (ИМД)	Инертті микроұнтақ (ИМД)
2	Кальций карбонатының массалық үлесі	%	-	51,5

3-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
3	Магний карбонатының массалық үлесі	%	-	42,6
4	Кальций және магний карбонаттарының жиынтық массалық үлесі	%	80-нен кем емес	94,1
5	Дәндік құрамы (електегі жеке қалдықтар), мм: - 1,25 - 0,63 - 0,315 - 0,16 - 0,09 - 0,05 < 0,05	%	 жоқ жоқ 0,5-тен көп емес 3-тен көп емес 5-тен көп емес 15-тен көп емес 85-тен көп емес	 жоқ жоқ 0,1 2 3,5 12 82,4
6	Массалық ылғалдылық	%	0,2-ден көп емес	0,1
7	Нағыз тығыздық	кг/м^3	2700 ± 100	2680
8	Көлемдік тығыздық	кг/м^3	960 ± 50	970
9	Кеуектілік	%	-	63,8
10	Меншікті беті	см^2/г	4500 ± 200	4450
11	Металл қоспаларының болуы	%	2-ден көп емес	0,1

В22,5 класты ауыр бетон қоспаларын дайындау және олардың қасиеттерін (тығыздық, қозғалымдылық, су-цементтік қатынас) анықтау МемСТ 7473-2010 талаптарына сәйкес жүргізілді. Ұсақ толтырғыш ретінде ең үлкен дән өлшемі 5 мм және ірілік модулі 2,7 болатын байытылған кварц құмы пайдаланылды. Ірі толтырғыш ретінде фракция өлшемі 5-20 мм және майдалану беріктігі маркасы 800 болатын қиыршық тас қолданылды. Ірі толтырғыш ретінде фракция өлшемі 5-20 мм және майдалану беріктігі маркасы 800 болатын қиыршық тас қолданылды. Қыры 10 см болатын бетон үлгілерін сынау МемСТ 10180-2012 стандартына сәйкес ИП-2500М гидравликалық престе жүргізілді.

Цементті тастың рентгенографиялық фазалық талдауы сәулелену қарқындылығын иондаушы әдіспен тіркеу арқылы ДРОН-7 рентгендік дифрактометрінде (ААҚ НПП «Буревестник», Санкт-Петербург қ.) 2,5 БСВ 27-Си рентгендік түтігін пайдалана отырып жүргізілді. Түсірілім дискретті сканерлеу режимінде 10.2θ қадамымен орындалды.

Экспозиция уақыты – 1 секунд. Сканерлеу аралығы 7…700 2θ. Түтікшедегі кернеу 40 кВ, ток күші 20 мА. Дифракциялық максимумдардың бұрыштық орындарын өлшеудің абсолюттік қателігі ± 0,020 аспайды.

Анализге арналған препарат цемент тасынан алынды, ол фарфор келсапта ұнтақталып, барлық өлшем үлгісі 008 електен өткенше өңделді. Карбонизация процесінің әсерін болдырмау және үлгіге қалып қабырғалары мен түбінен қоспалар түсуінің алдын алу мақсатында сынамалар үлгінің ортасынан алынды. Ұнтақ гидратация реакциясын тоқтату үшін таза медициналық спиртпен өңделіп, содан кейін бос суды кетіру үшін ацетонмен жуылды. Кептіру 30-40°С температурада 30…50 минут ішінде бөлме жағдайында жүргізілді. Кейін ұнтақ кварц шынысынан жасалған стандартты дискілі кюветаға престелді; түсіру кезінде препарат өзінің жазықтығында 60 айн/мин жылдамдықпен айналды. Рентгендік түтікшенің жұмыс режимі – 40 кВ, 30 мА.

Дифракциялық рефлекстердің арақабаттық қашықтықтарының мәндерін есептеу автоматты түрде, құрылғының математикалық қамтамасыз ету жиынтығына кіретін EVA бағдарламасы арқылы жүргізілді. Кристалдық фазаларды сәйкестендіру стандартты әдіспен – алынған эксперименттік арақабаттық қашықтықтар мен салыстырмалы қарқындылықтарды эталондық мәндермен салыстыру арқылы жүзеге асырылды. Эксперименттік түрде алынған арақабаттық қашықтықтар мен сызықтардың салыстырмалы қарқындылықтарын эталондық рентгенограммалармен салыстыра отырып, зерттелетін заттың құрамы туралы қорытынды жасалды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Алдымен екі түрлі цементтік байланыстырғыштың (ЦЕМ I 42,5Н және ЦНВ-50) салыстырмалы сынақтары жүргізілді, олардың нәтижелері 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4

СЕМ I 42,5Н және ЦНВ-50 салыстырмалы қасиеттері

№	Көрсеткіштердің атауы	Өлш. бірл.	Байланыстырғыш заттар	
			ЦЕМ I 42,5Н	ЦНВ-50
Цемент қамыры мен тасының қасиеттері				
1	Қалыпты қоюлық (ҚҚ)	%	26,0	19,8
2	Нағыз тығыздық, г/см³		3,12	2,93
3	Меншікті беті, см²/г		4120	5260
4	ҚҚ төмендеуі	%	-	23,8
5	Ұстасу уақыты: басталуы аяқталуы	сағ-мин	 2-55 3-40	 1-30 2-35
6	Мини-конус бойынша жайылу	мм	55	55
7	Су-цемент қатынасы (С/Ц)		0,4	0,24
8	Цемент тасының 28 тәуліктік қалыпты қатаюдан кейінгі қысуға беріктігі	МПа/%	7,5/100 20,4/100 26,8/100 37,5/100 46,2/100	39,3/524 49,0/240 53,6/200 57,8/154 64,1/139
Цемент-құм ерітіндісінің қасиеттері (МемСТ 310.4)				
9	Су-цемент қатынасы (С/Ц) РК=106-115 мм кезінде	-	0,38	0,27
10	С/Ц төмендеуі	%	-	40
11	Қалыпты қатаю жағдайында қысуға беріктік бойынша белсенділігі: 1 тәулік 7 тәулік 14 тәулік 28 тәулік	МПа	 12,0/100 20,8/100 43,5/100 52,2/100	 19,4/162 37,5/180 53,9/124 61,4/118

4-кестенің мәліметтеріне сәйкес, ЦНВ-50 салыстырмалы түрде төмен су тұтынумен ерекшеленеді. Бұл жағдайда цементтік пастаның қалыпты қоюлығы бойынша су шығыны 23,8%-ға, ал ерітінді қоспасының су-цементтік қатынасы бойынша 40%-ға дейін төмендейді.

Сонымен қатар, цементтік тас пен цемент-құмды ерітіндінің сығылу беріктігі айтарлықтай артты. Ерте беріктік 1 тәулік ішінде 62%-ға өсті, ал стандартты жетілу мерзімінде бұл өсім 18%-ды құрады. Тең қозғалысты бетон қоспаларының құрамы және осы байланыстырғыштармен дайындалған В22,5 класты ауыр бетонның қасиеттерін анықтау нәтижелері сәйкесінше 5 және 6-кестелерде көрсетілген. ЦЕМ I 42,5Н негізіндегі бақылау бетон

қоспасын дайындау үшін құрылыс нарығында кеңінен қолданылатын суперпластификатор – СП «Полипласт ПК» пайдаланылды. Оның құрғақ заттың массалық үлесі 32%, су ерітіндісінің тығыздығы 1,13 г/см³, pH мәні 6-7 аралығында. ЦЕМ I және ЦНВ-50 цементті байланыстырғыштарын клинкер сыйымдылығы бойынша салыстырмалы бағалау үшін Ск/Rсж критерийі қолданылды (Ск – 1 м³ бетонға жұмсалған байланыстырғыштағы клинкер мөлшері; Rсж – ауыр бетонның маркалық беріктігі).

Кесте 5

СЕМ I 42,5Н және ЦНВ-50 негізінде дайындалған ауыр бетондардың құрамы

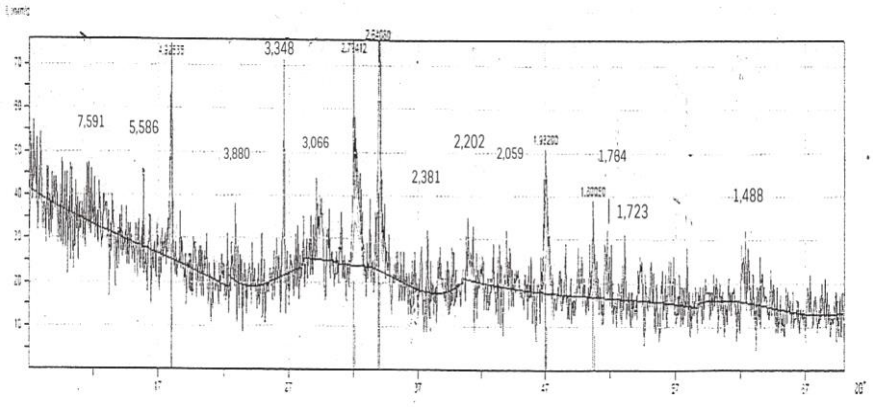
№	Байланыстырғыш түрі	Материалдар шығыны, кг/м³				
		Байланыстырғыш (клинкер мөлшері Ск)	Құм	Ірі толтырғыш	Су	СП «Полипласт ПК»
1	ЦЕМ I 42,5Н	330 (325)	902	974	190	1,65 (ЦЕМ массасының 0,5%-ы)
2	ЦНВ-50	330 (160)		1048	120	-

Кесте 6

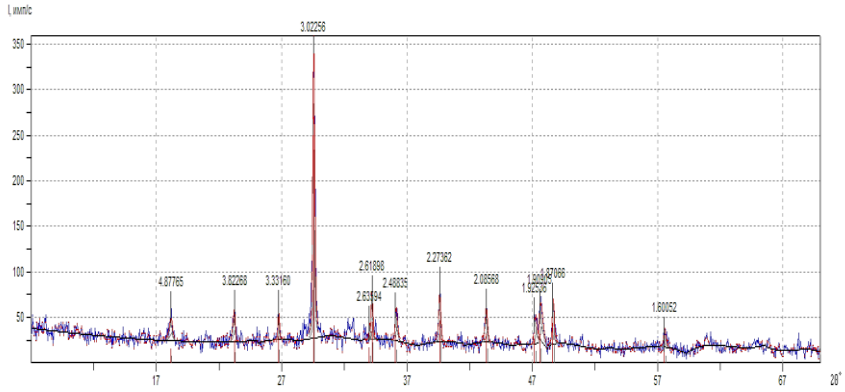
СЕМ I 42,5Н және ЦНВ-50 негізінде дайындалған ауыр бетондардың қасиеттері

Құрамы №	ОК, см	С/Ц	ΔВ, %	Бетон қоспа-ң тығыз-ы, кг/м³	Бетонның қысуға беріктігі $R_{сж}$, МПа, тәулік бойынша					$C_к/R_{сж}$, кг/МПа
					1	3	7	14	28	
1	18	0,57	-	2400	6,9	9,6	13,6	21,4	28,8	11,3
2	18,5	0,36	36,8	2400	8,5	15,2	20,8	27,6	32,4	4,9

6-кестеден көрініп тұрғандай, ЦНВ-50 негізіндегі бетон қоспасының су қажеттілігі 70 литрге (36,8%) төмендеген, бұл оның құрамын түзету қажеттігін көрсетеді. Бұл ретте, МемСТ 27006 стандартына сәйкес, бетон қоспасының көлемін сақтау үшін толтырғыштардың шығынын арттыру қажет. Судың шығынын төмендету бетонның қысу беріктігінің артуына тікелей әсер етеді, әсіресе ерте кезеңде (1 тәулікте – 23,2%). 28 тәулікте беріктіктің артуы салыстырмалы түрде төмен (12,5%), бірақ бұл да қоспаның тиімділігін көрсетеді. Есептік критерийлерді (Ск/Rсж = 11,3 және 4,9 кг/МПа) салыстыру нәтижесінде ЦНВ-50 клинкер тиімділігі бойынша 2,3 есе жоғары екені анықталды. Бұл оның шикізат шығынын азайтып, беріктігін сақтауға мүмкіндік беретінін көрсетеді. «Карбонатты» ЦНВ ерте және маркалық жасында әлдеқайда қарқынды қататындықтан, гидратация өнімдерінің құрамын анықтап, жаңа қосылыстардың түзілу мүмкіндігін зерттеу орынды. 1 және 2-суреттерде, тиісінше, ЦЕМ I 42,5Н және «карбонатты» ЦНВ-50 цементтік тастарының рентгенограммалары көрсетілген. Бұл үлгілер 28 тәулік бойы қалыпты жағдайда гидратацияланған. X осінде – сканерлеу бұрышы (7…700), Y осінде – рентген сәулеленуінің импульсі (имп/с). Шың үстіндегі сандар – сәйкес минералдың кристалдық торының арақашықтық мәндері.



Сурет 1. CEM I 42,5H цемент тасының рентгенограммасы



Сурет 2. «Карбонатты» ЦНВ-50 цемент тасының рентгенограммасы

ЦЕМ I 42,5H цементтік тасы үшін ең тән шағылу мәндері 4,29; 2,64; 1,93; 1,764; 1,488 Å екендігі анықталды. 2,79 Å шағылуы гидратталмаған алит фазасына C_3S (2,776 Å) немесе β-C_2S (2,794; 2,785 Å) жатқызылуы мүмкін. Үлкен бұрыштар аймағында (55-60°) C-S-H фазасына тән 1,800 Å шағылуы байқалды. Сондай-ақ, 50-55° аймағында құрылымы C_3AH_6 фазасына жақын C_3FH_6 (1,723 Å) фазасының шағылуы тіркелді.

ЦНВ-50 үшін кальций гидрокарбоалюминаты $3CaO·Al_2O_3·3CaCO_3·32H_2O$ (ГКАК-3) фазасына тән 3,82 және 2,488 Å шағылуларының болуы сипатталады. Мүмкін, ГКАК-3 фазасының жартылай ыдырауы нәтижесінде жүйеде $3CaO·Al_2O_3·CaCO_3·12H_2O$ (ГКАК-1) фазасы (7,59; 1,60 Å) болуы мүмкін. Алайда, d = 1,60 Å мәніндегі шағылу гидросульфоалюминат кальцийдің моносульфатты формасына (ГСАК-1) немесе кальций гидроалюминатының ең тұрақты кубтық құрылымы C_3AH_6-ға да жатқызылуы мүмкін. ЦЕМ I 42,5H рентгенограммасында эттрингиттің (3,880; 2,202 Å) және ЦНВ-50-мен салыстырғанда аз мөлшерде гидросульфоалюминат кальцийдің моносульфатты формасының (ГСАК-1) (2,059 Å) шағылулары анықталды. Ал ЦНВ-50 рентгенограммасында эттрингитке тән шағылулар жоқ, бұл алюминатты фазалардың гидратация процесінде $CaCO_3$-пен әрекеттесіп, негізінен ГКАК-3 және ГКАК-1 түзуімен байланысты екенін көрсетеді. ЦНВ-50 рентгенограммасында $Ca(OH)_2$-ге (4,877; 2,635; 1,925 Å) тән шағылулар анықталды, олардың қарқындылығы ЦЕМ I 42,5H-дегі ұқсас шағылуларға жақын. Алайда бұл шағылулар (шың) көпсатылы пішінге ие және жақын мәндегі аралық жазықтықтық қашықтық

көрсеткіштерімен сипатталады (2,635÷2,619; 1,925÷1,909 Å). Бұл $Ca(OH)_2$ кристалдық құрылымының айтарлықтай бұзылғанын көрсетеді, бұл, мүмкін, жүйеде органикалық қоспаның (суперпластификатордың) болуымен байланысты.

Қорытынды. Жалпы құрылысқа арналған портландцемент өндірісінің қазіргі әлемдік үрдістері талданып, олардың басты мақсаты – энергия шығындарын және парниктік газдардың, әсіресе CO_2 шығарындыларын азайту екені көрсетілді. Бұл мақсатқа жету үшін дамыған елдер құрамында клинкер мөлшері салыстырмалы түрде төмен аралас тұтқыр заттарды қолдану жолын таңдайды, өйткені клинкер – әктас декарбонизациясы нәтижесінде және жанармайдың үлкен көлемін жағу кезінде бөлінетін көмірқышқыл газының негізгі көзі болып табылады. Клинкер шығынының тиімділігі тұрғысынан алғанда, ең перспективалы тұтқыр зат – төмен су қажет ететін цемент. Ол минералды қоспалардың айтарлықтай жоғары мөлшеріне (70%-ға дейін) қарамастан, технологиялық, физика-механикалық және пайдалану көрсеткіштері бойынша кәдімгі портландцементтерден кем түспейді.

Салыстырмалы сынақтар «карбонатты» ЦНВ-50 портландцементке қарағанда айтарлықтай төмен су қажеттілігімен ерекшеленетінін көрсетті. Цемент қамырының қалыпты қоюлығы бойынша судың азаюы 23,8%-ға, ал ерітінді мен бетон қоспасының су-цементтік қатынасы сәйкесінше 40% және 36,8%-ға жетеді. Бұл судың төмен мөлшері материалдың қысу беріктігінің айтарлықтай артуына әкеледі, әсіресе ерте кезеңдерде: цемент тасының беріктігі 25%-ға, цемент-құм ерітіндісінің беріктігі 62%-ға, ал ауыр бетонның беріктігі 23,5%-ға жоғарылайды. Клинкер тиімділігінің өлшемі ретінде алынған 1 м³ бетонға шаққандағы тұтқыр құрамындағы клинкер мөлшерінің қатынасы бойынша, ЦНВ-50 портландцемент ЦЕМ I-ге қарағанда 2,3 есе тиімді. «Карбонатты» ЦНВ-50 рентгенограммаларының талдауы кальций гидрокарбораллюминаттарының ГКАК-3 және ГКАК-1 түрлерінің пайда болуын көрсетеді. Бұл фазалар материалдың ерте қарқынды қатаюын және 28 тәулікте қалыпты жағдайда жоғары белсенділігін қамтамасыз етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Коновалова, Н.А. Утилизация крупнотоннажных отходов производства с целью получения экономически эффективных дорожно-строительных материалов [Текст] / Н.А. Коновалова, О.Н. Дабижа, Е.В. Ярилов [и др.] // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2017. – Т. 23. – № 10. – С. 14-21.
2. Клайн Д. Глобальные изменения в производстве цемента в мировом масштабе [Текст] / Д. Клайн // ALITinform. Международное аналитическое обозрение. – 2017. – № 1. – С. 12-20.
3. Гальцева, Н.А. Вторичное использование отходов промышленности [Текст] / Н.А. Гальцева [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2022. – Т. 89, № 5. – С. 572–581.
4. Мухаметрахимов Р.Х. Фиброцементные плиты на основе модифицированного смешанного вяжущего [Текст] / Р.Х. Мухаметрахимов, В.С. Изотов, В.А. Гревцев // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 2(14). – С. 250-254.
5. Gureva A.M. The theoretical basis of the concept of circular economy // Journal of International Economic Affairs. – 2019. – No. 3. – P. 2311-2336.
6. Чаттерджи, А.К. Переход к строительству на основе цемента с низким «углеродным следом»: требования и препятствия [Текст] / А.К. Чаттерджи // Цемент и его применение. – 2018. – № 2. – С. 54-59.

7. Хозин, В.Г. Карбонатные цементы низкой водопотребности – зеленая альтернатива цементной индустрии России [Текст] / В.Г. Хозин [и др.] // Строительные материалы. – 2014. – № 5. – С. 76-82.
8. Макаренко, С.В. Цементы низкой водопотребности – эффективные строительные материалы для утилизации золошлаковых смесей ТЭЦ [Текст] / С.В. Макаренко [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 10(106). – С. 524-532.
9. Гуляков, Е.Г. Влияние суперпластификаторов на размолоспособность портландцемента при получении цементов низкой водопотребности [Текст] / Е.Г. Гуляков [и др.] // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2024. – № 2(68). – С. 77-91.
10. Макаренко, С.В. Цементы низкой водопотребности как альтернативный вид применяемой в товарном бетоне вяжущей смеси [Текст] / С.В. Макаренко // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2023. – Т. 13. – № 1(44). – С. 58-63.
11. Гаркави, М.С. Цементы низкой водопотребности центробежно-ударного помола [Текст] / М.С. Гаркави, А.В. Артамонов, Е.В. Колодежная [и др.] // Строительные материалы. – 2019. – № 1-2. – С. 23-27.
12. Шакирова, У.Б. Вяжущие (цементы) низкой водопотребности на основе органоминеральных добавок [Текст] / У.Б. Шакирова, Н.Х. Бабаев // Современные проблемы науки и производства. – 2014. – № 1(4). – С. 1-9.
13. Гиззатуллин, А.Р. Функционализированные наполнители для применения в цементных бетонах [Текст] / А.Р. Гиззатуллин, Н.Н. Морозова, К.О. Нестерова // Полимеры в строительстве. – 2023. – № 1(11). – С. 47-57.
14. Калашников, В.И. Суспензионно-наполненные бетонные смеси для порошково-активированных бетонов нового поколения [Текст] / В.И. Калашников, В.Т. Ерофеев, О.В. Тараканов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2016. – № 4. – С. 30-36.
15. Калашников В.И. Роль дисперсных и тонкозернистых наполнителей в бетонах нового поколения [Текст] / В.И. Калашников [и др.] // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 7(667). – С. 11-21.
16. Ватин, Н.И. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве [Текст] / Н.И. Ватин, Д.В. Петросов, А.И. Калачев, П. Лахтинен // Magazine of Civil Engineering. – 2011. – № 4. – С. 16-21.
17. Калашников В.И. Новые представления о механизме действия суперпластификаторов, совместно размолотых с цементом или минеральными породами [Текст] / В.И. Калашников [и др.] // Строительные материалы. – 2014. – № 9. – С. 70-75.
18. ГОСТ 310.1-76. Цементы. Методы испытаний. Общие положения [Текст]. – Введ. 01-01-78. – Москва:ИПК Издательство стандартов, 1976. – 2 с.

Материал редакцияға 18.03.25 түсті, 22.10.25 қабылданды.

Е.Б. Мажитов[1], Ж.С. Тулеугалиева[1], М.Ж. Рыскалиев[1], С.М. Жарылгапов[1], А.Б. Шингужиева[1], Е.Г. Талаптанов[1]

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

ЦЕМЕНТ С ПОНИЖЕННЫМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ КАРБОНАТНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Аннотация. Необходимость снижения содержания клинкера в промышленных цементах для уменьшения энергозатрат и выбросов углекислого газа побуждает шире использовать смешанные вяжущие с высоким содержанием замещающих

минеральных добавок (от 30 до 80%). При этом их применение связано не только с уменьшением доли дорогостоящего клинкера, но и с необходимостью придания бетонам улучшенных строительно-технических свойств (водонепроницаемости, морозостойкости, трещиностойкости, стойкости к коррозии). Авторами предлагается путь наиболее эффективного использования минеральных добавок путём производства цементов низкой водопотребности (ЦНВ), в которых минимизируется доля клинкера, а по технологическим, эксплуатационно-техническим и экологическим показателям они превосходят не только смешанные вяжущие, но и все общестроительные портландцементы, выпускаемые мировыми производителями в Европе, Азии и Америке. В работе представлены сравнительные результаты физико-механических испытаний цементного камня и бетонов, приготовленных как на основе стандартного портландцемента, так и на основе ЦНВ, для которого в качестве минерального компонента использовали карбонатный наполнитель. Методом рентгенографического фазового анализа выполнена сравнительная оценка состава кристаллогидратов в микроструктуре цементного камня ЦЕМ I 42,5Н и «карбонатного» ЦНВ-50. Показано, что в ЦНВ-50 образуются гидрокарбоалюминаты кальция вида ГКАК-3 и ГКАК-1, которые, очевидно, способствуют его раннему интенсивному твердению и повышенной активности в 28-суточном возрасте.

Ключевые слова: клинкероёмкость, эмиссия углекислого газа, цемент низкой водопотребности, смешанные вяжущие, суперпластификатор.

E.B. Mazhitov[1], Zh.S. Tuleugaliyeva[1], M.Zh. Ryskaliev[1], S.M. Zharylgapov[1], A.B. Shinguzhieva[1], E.G. Talaptanov[1]

[1]West Kazakhstan agrarian and technical university named after Zhangir khan, Uralsk, Kazakhstan

LOW-WATER-DEMAND CEMENT BASED ON A CARBONATE FILLER

Abstract. The necessity of reducing clinker content in industrial cements to decrease energy consumption and carbon dioxide emissions encourages the wider use of blended binders with a high proportion of supplementary mineral additives (from 30% to 80%). Their application not only reduces the share of expensive clinker but also enhances the construction and technical properties of concrete, such as water resistance, frost resistance, crack resistance, and corrosion resistance. The authors propose an approach for the most efficient utilization of mineral additives by producing low-water-demand cements (LWDCs), in which the clinker content is minimized while surpassing not only blended binders but also all general-purpose Portland cements produced by leading manufacturers in Europe, Asia, and America in terms of technological, operational, and environmental performance. The study presents comparative results of physical and mechanical tests of cement stone and concretes prepared based on both standard Portland cement and LWDC, in which a carbonate filler was used as the mineral component. A comparative assessment of the composition of crystalline hydrates in the microstructure of CEM I 42.5N cement stone and «carbonate» LWDC-50 was conducted using X-ray phase analysis. It was shown that LWDC-50 forms calcium hydrocarbonaluminates of the GKAC-3 and GKAC-1 types, which apparently contribute to its early intensive hardening and increased activity at 28 days.

Keywords: clinker consumption, carbon dioxide emissions, low-water-demand cement, blended binders, superplasticizer.

References

1. Konovalova N.A., Dabiszha O.N., Yarilov E.V. et al. Utilizatsiya krupnotonnazhnykh otkhodov proizvodstva s tsel'yu polucheniya ekonomicheski effektivnykh dorozhno-stroitel'nykh materialov [Utilization of Large-Scale Industrial Waste for Obtaining Economically Efficient Road Construction Materials] // Bulletin of the Zabaykalsky State University. – 2017. – Vol. 23. – No. 10. – P. 14-21. [in Russian].
2. Klein D. Global'nye izmeneniya v proizvodstve tsementa v mirovom masshtabe [Global Changes in Cement Production on a Worldwide Scale] // ALITinform. International Analytical Review. – 2017. – No. 1. – P. 12-20. [in Russian].
3. Galtseva N.A. et al. Vtorichnoe ispol'zovanie otkhodov promyshlennosti [Secondary Use of Industrial Waste] // Engineering Bulletin of the Don. – 2022. – Vol. 89. – No. 5. – P. 572-581. [in Russian].
4. Mukhametrakhimov R.Kh., Izotov V.S., Grevtsev V.A. Fibrotsementnye plity na osnove modifitsirovannogo smeshannogo vyazhushchego [Fiber-Cement Boards Based on Modified Blended Binders] // Proceedings of Kazan State University of Architecture and Engineering. – 2010. – No. 2(14). – P. 250-254. [in Russian].
5. Gureva A.M. The theoretical basis of the concept of circular economy // Journal of International Economic Affairs. – 2019. – No. 3. – P. 2311-2336.
6. Chatterjee A.K. Perekhod k stroitel'stvu na osnove tsementa s nizkim «uglerodnym sledom»: trebovaniya i prepyatstviya [Transition to Low Carbon Footprint Cement-Based Construction: Requirements and Obstacles] // Cement and Its Application. – 2018. – No. 2. – P. 54-59. [in Russian].
7. Khozin V.G. et al. Karbonatnye tsementy nizkoi vodopotrebleniya – zelenaya alternativa tsementnoi industriya Rossii [Low-Water-Consumption Carbonate Cements – A Green Alternative to the Russian Cement Industry] // Construction Materials. – 2014. – No. 5. – P. 76-82. [in Russian].
8. Makarenko S.V. et al. Tsementy nizkoi vodopotrebleniya – effektivnye stroitel'nye materialy dlya utilizatsii zoloshlakovykh smesei TEC [Low-Water-Consumption Cements – Efficient Building Materials for the Utilization of Ash-Slag Mixtures from Thermal Power Plants] // Engineering Bulletin of the Don. – 2023. – No. 10(106). – P. 524-532. [in Russian].
9. Gulyakov E.G. et al. Vliyanie superplastifikatorov na razmolosposobnost' portlandtsementa pri poluchenii tsementov nizkoi vodopotrebleniya [Influence of Superplasticizers on the Grindability of Portland Cement in Producing Low-Water-Consumption Cements] // Proceedings of Kazan State University of Architecture and Engineering. – 2024. – No. 2(68). – P. 77-91. [in Russian].
10. Makarenko S.V. Tsementy nizkoi vodopotrebleniya kak alternativnyi vid primenyaemoi v tovarnom betone vyazhushchei smesi [Low-Water-Consumption Cements as an Alternative Binder in Ready-Mix Concrete] // Proceedings of Universities. Investments. Construction. Real Estate. – 2023. – Vol. 13. – No. 1(44). – P. 58-63. [in Russian].
11. Garkavi M.S., Artamonov A.V., Kolodezhnaya E.V. et al. Tsementy nizkoi vodopotrebleniya tsentrobezhno-udarnoho pomola [Low-Water-Consumption Cements of Centrifugal-Impact Grinding] // Construction Materials. – 2019. – No. 1-2. – P. 23-27. [in Russian].
12. Shakirova U.B., Babaev N.Kh. Vyazhushchie (tsementy) nizkoi vodopotrebleniya na osnove organomineral'nykh dobavok [Low-Water-Consumption Binders (Cements) Based on Organomineral Additives] // Modern Problems of Science and Production. – 2014. – No. 1(4). – P. 1-9. [in Russian].
13. Gizzatullin A.R., Morozova N.N., Nesterova K.O. Funktsionalizirovannye napolniteli dlya primeneniya v tsementnykh betonakh [Functionalized Fillers for Application in Cement Concretes] // Polymers in Construction. – 2023. – No. 1(11). – P. 47-57. [in Russian].

14. Kalashnikov V.I., Yerofeev V.T., Tarakanov O.V. Suspenszionno-napolnennye betonnyye smesi dlya poroshkovo-aktivirovannykh betonov novogo pokoleniya [Suspension-Filled Concrete Mixtures for Powder-Activated Concretes of the New Generation] // Proceedings of Higher Educational Institutions. Construction. – 2016. – No. 4. – P. 30-36. [in Russian].
15. Kalashnikov V.I. et al. Rol' dispersnykh i tonkozer-nistykh napolnitelei v betonakh novogo pokoleniya [The Role of Dispersed and Fine-Grained Fillers in Concretes of the New Generation] // Proceedings of Higher Educational Institutions. Construction. – 2014. – No. 7(667). – P. 11-21. [in Russian].
16. Vatin N.I., Petrosov D.V., Kalachev A.I., Lahtinen P. Primenenie zol i zoloshlakovykh otkhodov v stroitel'stve [Use of Ash and Slag Waste in Construction] // Magazine of Civil Engineering. – 2011. – No. 4. – P. 16-21. [in Russian].
17. Kalashnikov V.I. et al. Novye predstavleniya o mekhanizme deistviya superplastifikatorov, sovmestno razmolotykh s tsementom ili mineral'nymi porodami [New Insights into the Mechanism of Action of Superplasticizers Co-Ground with Cement or Mineral Aggregates] // Construction Materials. – 2014. – No. 9. – P. 70-75. [in Russian].
18. GOST 310.1-76. Tsementy. Metody ispytaniy. Obshchie polozheniya [Cements. Test Methods. General Provisions]. – Introduced 01-01-78. – Moscow: IPK Standards Publishing, 1976. – 2 p. [in Russian].

IRSTI 67.11.03

H.L. Ton-That – *main author* ©

PhD, Lecturer
https://orcid.org/0000-0002-3544-917X
Department of Civil Engineering, HCM University of Architecture,
Ho Chi Minh City, Vietnam
lan.tonthathoang@uah.edu.vn

https://doi.org/10.55956/JLHV3079

DAMAGE PREDICTION OF 2D/3D TRUSS STRUCTURES USING THE BLACK WIDOW OPTIMIZATION ALGORITHM

Abstract. Because of their simplicity and adaptability, nature-inspired optimization algorithms can handle a variety of technical and scientific challenges. Metaheuristic algorithms have recently emerged as effective techniques for resolving structural issues. The Black Widow Optimization Algorithm (BWOA), a metaheuristic algorithm, is used in this research to predict damage of 2D/3D truss structures. Cannibalism was one of the exclusive stages of this approach. Due to this stage, species with inappropriate fitness were omitted from the circle, thus leading to early convergence. Moreover, by using natural frequencies from finite element analysis for truss structure to set up the objective function, the final outcomes prove the effectiveness of this algorithm in solving real-world issues with unknown and challenging spaces.

Keywords: damage prediction, 2D/3D truss structure, finite element analysis, natural frequency, black widow optimization.

Ton-That H.L. Damage prediction of 2d/3d truss structures using the black widow optimization algorithm //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.4(90). – P.151-159. https://doi.org/10.55956/JLHV3079

Introduction. Physical-based, swarm-based, and evolutionary-based approaches are the three categories into which metaheuristic techniques fall. Physics principles like electromagnetic force, inertia force, gravitational force, and so on are the fundamental source of inspiration for physics-based algorithms. The algorithms' search agents interact and navigate the search space while taking these rules into account. The collective behavior of social beings, that is, how individuals of a swarm interact with their surroundings, inspires the algorithms in the second group, which are swarm-based. The algorithms in the final group, such as selection, reproduction, combination, and mutation, are primarily influenced by biological evolution and nature. Figure 1 shows how the metaheuristic algorithm branches out. Another optimization algorithm in group two, entitled BWOA, which imitates the strange mating behavior of the black widow spiders, was introduced by [1-8]. A poisonous spider species, the western black widow spider is distributed from southern Mexico to western Canada. A strong neurotoxin that is effective against a variety of animals is found in the venom of female black widows. Furthermore, because a single bite might result in death, the aforementioned venom is among the most deadly to humans. These spiders live in forests and marshes, construct their webs in trees, and

eat insects, including cockroaches, beetles, and butterflies. Because females may engage in cannibalistic behavior, males, who utilize sex pheromones to determine a female's mating status, are known to have little interest in mating with malnourished and famished females. Additional information regarding the behavior of black widow spiders can be found in [9].

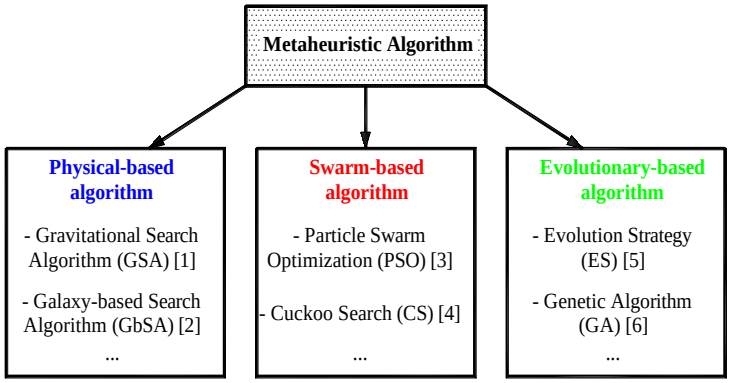


Fig. 1. Branches of the metaheuristic algorithm

When it comes to the exploration and exploitation stages of the searching process, which are two essential components of an algorithm, the majority of population-based algorithms, independent of the algorithm's structure, generally exhibit a similar trait. Metaheuristic algorithms should maintain equilibrium between the exploration and exploitation phases of the search space to achieve high efficiency.

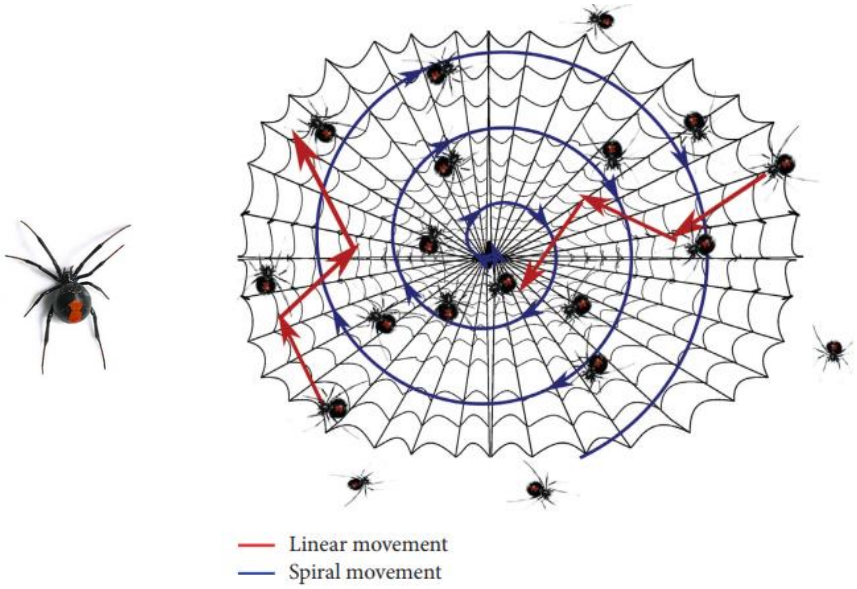


Fig. 2. Black widow spider [8]

The algorithm has the chance to examine several possible regions of the search space during the exploration phase and provide fresh solutions to get out of the local optima dilemma. The capacity of an algorithm to converge close to the obtained

expected solutions during the exploration stage is referred to as exploitation. Therefore, avoiding local optima and achieving good convergence are guaranteed by effective exploration and exploitation, respectively. Nature-inspired algorithms have seen tremendous advancements in the industrial sector in recent years, where it has been demonstrated that they are highly beneficial in resolving practical optimization issues. In this study, damage to truss structures is predicted using the Black Widow Optimization Algorithm (BWOA), which was inspired by the life cycle of black widow spiders and their peculiar mating behavior (Fig. 2). It would be remiss not to mention some information about finding the natural frequencies of a structural system based on finite element analysis, as in the documents [10-12].

Materials and methods. The BWOA began with an initial population of spiders so that each spider represented a possible solution, just like other evolutionary algorithms. These first spiders attempt to procreate in pairs. During or after mating, the black widow female consumed the male. She then discharged the sperm that had been held in her sperm thecae into egg sacs. Spiderlings emerged from the egg sacs as early as 11 days after they were placed. Sibling cannibalism occurred while the spiderlings lived together on the maternal web for a few days to a week. Then the wind took them away. A Black Widow spider was thought to be a potential solution to each problem in the BWOA. The values of the problem variables were displayed by each Black Widow spider. An initial population of spiders was used to create a candidate widow matrix of size $N_{pop} \times N_{var}$ in order to initiate the optimization method. Noted that N_{var} was dimensional optimization problem and

$$\text{widow} = \left[x_1, x_2, ..., x_{N_{var}} \right] \quad \text{and} \quad \text{fitness} = f\left(x_1, x_2, ..., x_{N_{var}} \right) \tag{1}$$

Next, pairs of parents were chosen at random to carry out the procreating stage by mating, where the female black widow ate the male either during or after the mating process. Now, in order to reproduce, an array named α must also be generated, provided that it was present in the widow array with random numbers. Offspring were then made using α and Equation (2), where x_1 and x_2 were parents and y_1 and y_2 were offspring.

$$\begin{cases} y_1 = \alpha \times x_1 + (1 - \alpha) \times x_2 \\ y_2 = \alpha \times x_2 + (1 - \alpha) \times x_1 \end{cases} \tag{2}$$

There were three types of cannibalism. The first was sexual cannibalism, where a black widow ate her spouse either during or after mating. Sibling cannibalism, in which the stronger spiderlings devoured their weaker siblings, was another type. The third type of cannibalism, in which the young spiders devoured their mother, was occasionally seen. They are coded algorithmically through their fitness values. The Mutepop number in the mutation was chosen at random from the population. Two elements in the array were switched at random by each of the selected solutions. The mutation rate was used to compute Mutepop. Lastly, three stop conditions could be taken into consideration, similar to previous evolutionary algorithms: *(a)* a predetermined iteration count; *(b)* the best widow's fitness value remained constant throughout multiple iterations; *(c)* achieving the required degree of precision. Last but not least, the qualitative analysis results of the BWOA

approach in tackling several common optimization functions are shown in Figure 3. In [4-7], these functions are explained in detail.

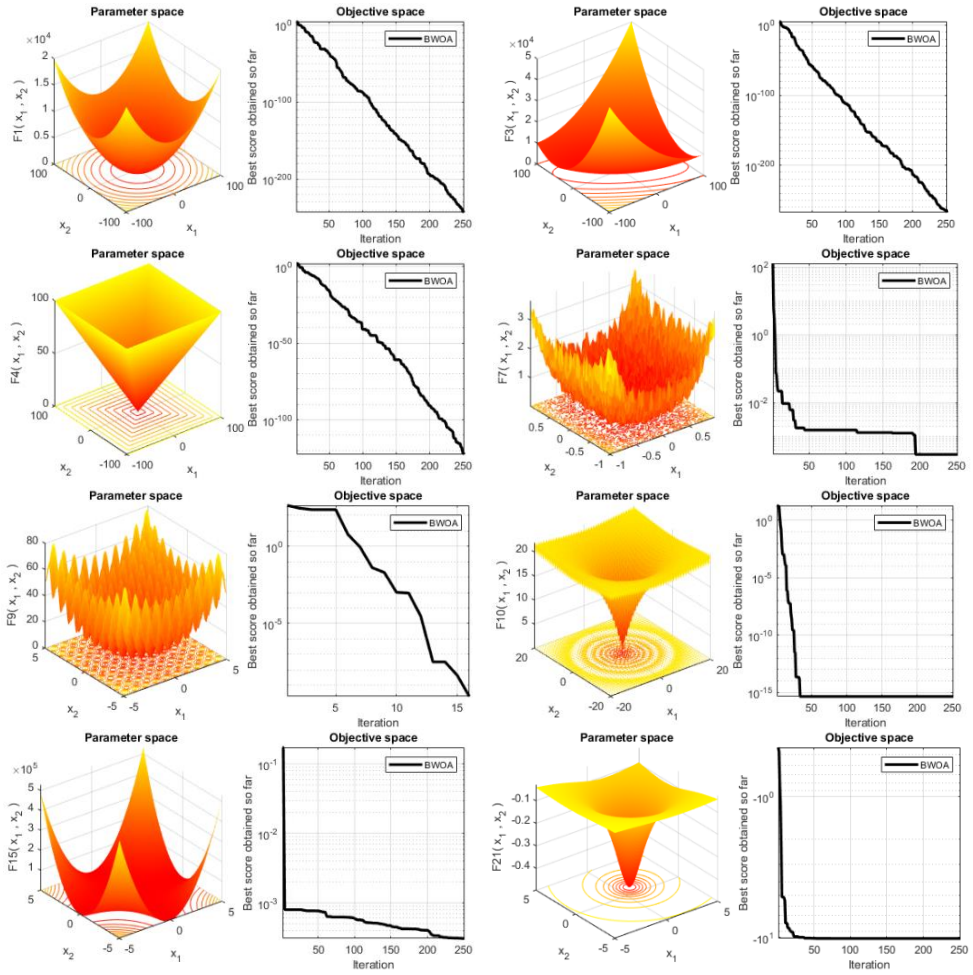


Fig. 3. Qualitative results for BWOA

Research results and discussion. In this section two truss structures with 16 bars and 21 bars are considered as in Figures 4 and Tables 1 and 2.

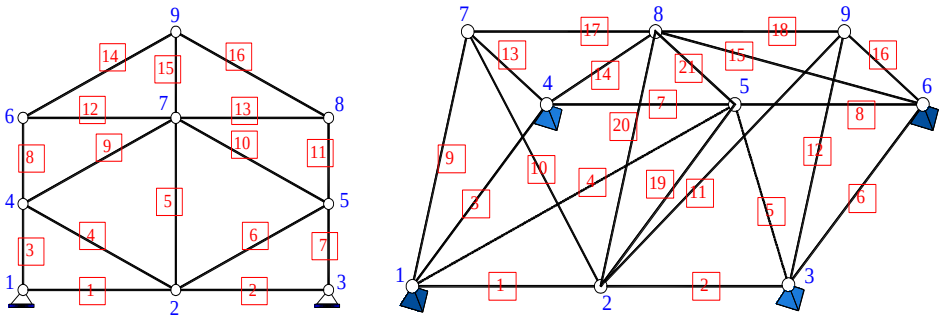


Fig. 4. 16-bar truss and 21-bar truss

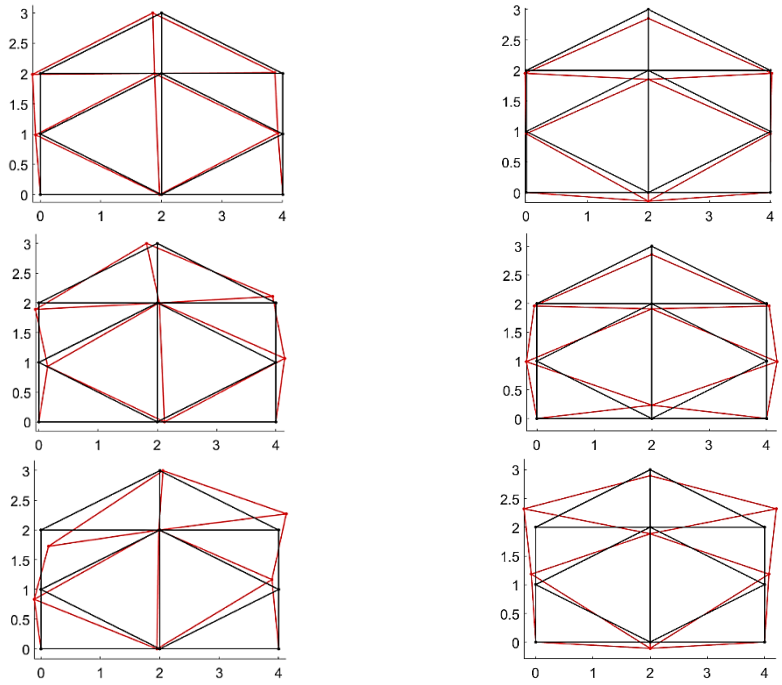


Fig. 5. The first six mode shapes of 16-bar truss structure

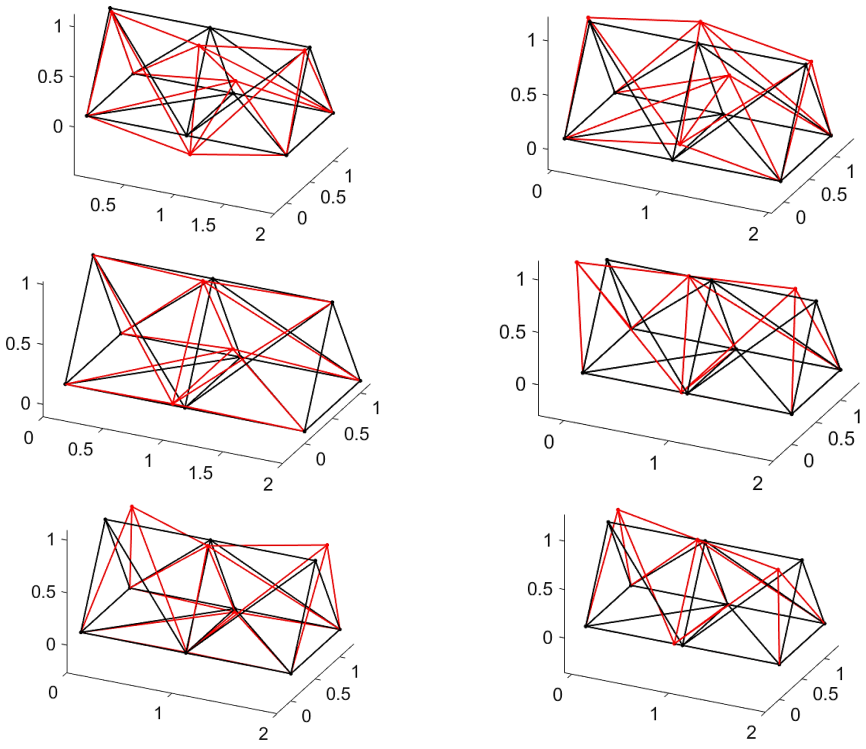


Fig. 6. The first six mode shapes of 21-bar truss structure

Table 1

Properties of bar

A	E	ρ
0,000707 m^2	205e9 N/m^2	7833 kg/m^3

Table 2

Coordinates of nodes

16-bar truss			21-bar truss			
Node	x(m)	y(m)	Node	x(m)	y(m)	z(m)
1	0	0	1	0	0	0
2	2	0	2	1	0	0
3	4	0	3	2	0	0
4	0	1	4	0	1	0
5	4	1	5	1	1	0
6	0	2	6	2	1	0
7	2	2	7	0	0,5	√3/2
8	4	2	8	1	0,5	√3/2
9	2	3	9	2	0,5	√3/2

An objective function is defined as the difference in natural frequencies between the finite element model and true measurements. Thereby, the severity and location of damage will be predicted. The definition of damages in which a decrease in the member's modulus of elasticity is crucial is demonstrated by Equation (3):

$$E_b = (1-\xi)E, \quad 0 \le \xi \le 1 \tag{3}$$

where, in which ξ is the variable showing the damage severity of each bar. The location and severity of the damage(s) can then be easily ascertained by minimizing the following objective function:

$$O = \sqrt{\sum_{i=1}^{6} \left(f_i^a - f_i^{fe}\right)^2 / \left(f_i^a\right)^2} \tag{4}$$

where 6 is the number of considered frequencies, and (a) and (fe) indicate the "actual" and "finite element" cases, respectively. Figures 5 and 6 depict the first six mode shapes of the 16-bar and 21-bar truss structures.

Table 3

The damage situations of 16-bar truss

Situations	Damage bar(s)	Severity of damage
The first situation	Bar 9	35%
The second situation	Bar 7 Bar 11	40% 30%
The third situation	Bar 1 Bar 11 Bar 13	30% 25% 20%

Table 4

The damage situations of 21-bar truss

Situations	Damage bar(s)	Severity of damage
The first situation	Bar 13	35%
The second situation	Bar 6 Bar 16	40% 30%

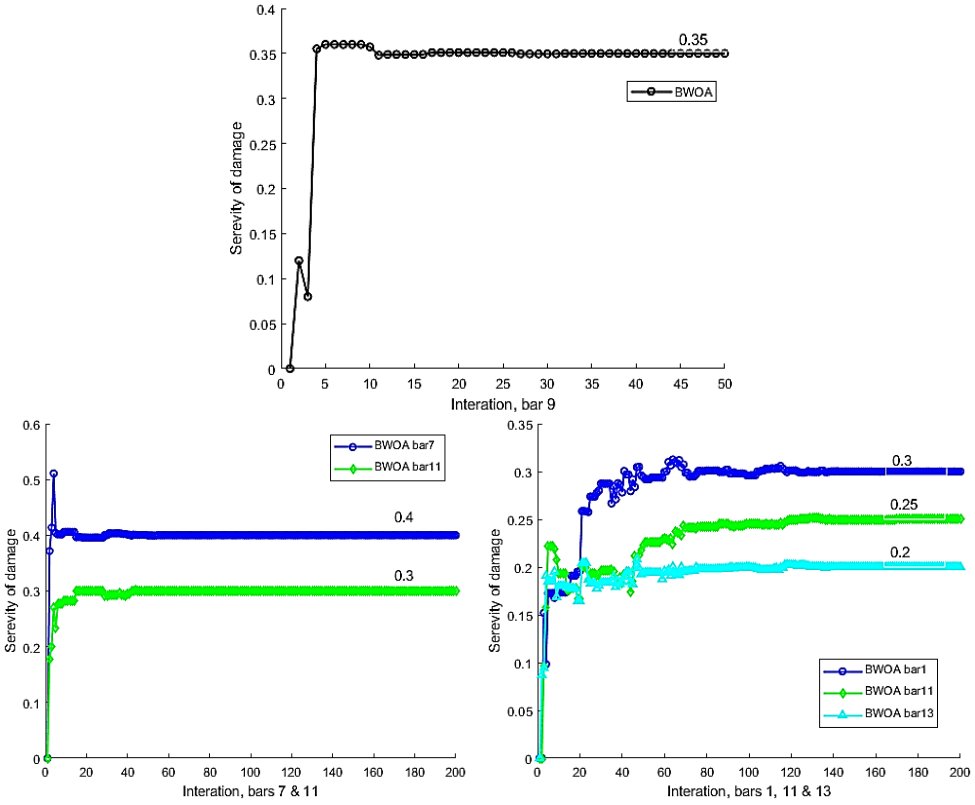


Fig. 7. The convergence for the damage situations of 16-bar truss

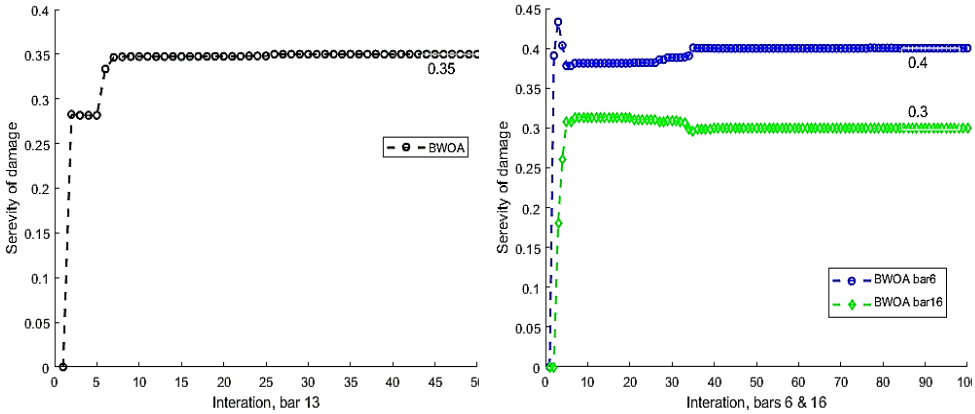


Fig. 8. The convergence for the damage situations of 21-bar truss

Tables 3 and 4 provide some damage situations to verify the accuracy. The findings show that BWOA yields the expected outcomes for damage structure

prediction, which are detailed in Figures 7 to 8. Additionally, it is evident that the BWOA requires only 50–150 iterations to achieve the desired outcomes.

Conclusion. This article presents how to use the Black Widow Optimization Algorithm (BWOA) to detect damage in 2D/3D truss structures. A number of situations, from simple to complex, are given to evaluate this algorithm's performance. The outcomes demonstrate how well the BWOA predicts the location and magnitude of damage.

References

1. Rashedi E., Nezamabadi-Pour H., Saryazdi S. GSA: A gravitational search algorithm // Information Sciences. – 2009. – Vol. 179, No. 13. – P. 2232-2248.
2. Shah-Hosseini H. Principal components analysis by the galaxy-based search algorithm: A novel metaheuristic for continuous optimization // International Journal of Computational Science and Engineering. – 2011. – Vol. 6, No. 1. – P. 132-140.
3. Poli R., Kennedy J., Blackwell T. Particle swarm optimization // Swarm Intelligence. – 2007. – Vol. 1. – P. 33-57.
4. Yang X.-S., Deb S. Cuckoo search via Lévy flights // Proceedings of the World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC). – 2009. – P. 210-217.
5. Beyer H.-G., Schwefel H.-P. Evolution strategies – A comprehensive introduction // Natural Computing. – 2002. – Vol. 1. – P. 3-52.
6. Cazacu R., Grama L. Steel truss optimization using genetic algorithms and FEA // Procedia Technology. – 2014. – Vol. 12. – P. 339-346.
7. Hayyolalam V., Kazem A. A. P. Black widow optimization algorithm: A novel meta-heuristic approach for solving engineering optimization problems // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2020. – Vol. 87. – P. 103249.
8. Peña-Delgado A. F. et al. A novel bio-inspired algorithm applied to selective harmonic elimination in a three-phase eleven-level inverter // Mathematical Problems in Engineering. – 2020. – Article ID 8856040.
9. Baruffaldi L., Andrade M. C. B. Contact pheromones mediate male preference in black widow spiders: Avoidance of hungry sexual cannibals? // Animal Behaviour. – 2015. – Vol. 102. – P. 25-32.
10. Ton-That L. H. Free vibration and buckling analyses of functionally graded porous columns by FEM // Applications of Modelling and Simulation. – 2022. – Vol. 6. – P. 98-106.
11. Ton-That L. H. C⁰-TSDT-FEM for free vibration analysis of functionally graded cylindrical shells // Applications of Modelling and Simulation. – 2023. – Vol. 7. – P. 71-77.
12. Ton-That H. L. Damage detection in 3D truss structures using grey wolf optimization algorithm and natural frequencies // Engineering Today. – 2025. – Vol. 4, No. 2. – P. 7-12.

Received: 11 December 2025
Accepted: 25 December 2025

H.L. Ton-That

Университет архитектуры Хо Ши Мина, Хошимин, Вьетнам

BLACK WIDOW ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ 2D/3D ФЕРМАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМДАРДАҒЫ ЗАҚЫМДАЛУДЫ БОЛЖАУ

Аңдатпа. Қарапайымдылығы мен бейімделгіштігінің арқасында табиғаттан шабыт алған оңтайландыру алгоритмдері техникалық және ғылыми есептердің кең ауқымын шешуге қабілетті. Соңғы жылдары метаэвристикалық алгоритмдер құрылымдық механика мәселелерін шешудің тиімді әдістері ретінде кеңінен қолданылып келеді. Бұл зерттеуде 2D/3D фермалық құрылымдардың зақымдалуын

болжау үшін метаэвристикалық Black Widow Optimization Algorithm (BWOA) қолданылады. Каннибализм осы алгоритмнің ерекше кезеңдерінің бірі болып табылады. Осы кезеңнің нәтижесінде жарамдылығы төмен дарақтар популяциядан алынып тасталады, бұл ерте жинақталуға әкеледі. Сонымен қатар, фермалық құрылымдарға арналған соңғы элементтер әдісі арқылы алынған меншікті тербеліс жиіліктерін мақсаттық функцияны қалыптастыруда қолдану бұл алгоритмнің белгісіз және күрделі іздеу кеңістігі бар нақты инженерлік есептерді шешудегі тиімділігін дәлелдейді.

Тірек сөздер: зақымдалуды болжау, 2D/3D фермалық құрылым, соңғы элементтер әдісі, меншікті жиілік, black widow оптимизациясы.

H.L. Ton-That

Хо Ши Мин Архитектура университеті, Хошимин, Вьетнам

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПЛОСКИХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФЕРМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ «ЧЁРНАЯ ВДОВА»

Аннотация. Благодаря своей простоте и адаптивности алгоритмы оптимизации, вдохновлённые природой, способны решать широкий круг технических и научных задач. В последние годы метаэвристические алгоритмы зарекомендовали себя как эффективные методы решения задач строительной механики. В данной работе для прогнозирования повреждений плоских и пространственных ферм используется метаэвристический алгоритм оптимизации «Чёрная вдова» (Black Widow Optimization Algorithm, BWOA). Каннибализм является одним из уникальных этапов данного алгоритма. Благодаря этому этапу особи с неудовлетворительной приспособленностью исключаются из популяции, что приводит к ускоренной сходимости. Кроме того, использование собственных частот, полученных на основе конечно-элементного анализа ферменных конструкций, при формировании целевой функции подтверждает эффективность данного алгоритма при решении практических задач с неизвестными и сложными пространствами поиска.

Ключевые слова: прогнозирование повреждений, плоская и пространственная ферма, конечно-элементный анализ, собственная частота, оптимизация «Чёрная вдова».

ҒТАМР 67.09.91

Ж.Е. Калиева[1] – *негізгі автор*,
Е.Р. Орынбай[2], Д.Е. Мәжит[3], А.К. Қожас[4], Е. Ерланұлы[5]

[1]*Техн. ғылым. канд., доцент,* [2,5]*Магистрант,* [3]*Техн. ғылым. магистрі, докторант,* [4]*Техн. ғылым. канд., аға оқытушы*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0001-9033-2065* [2]*https://orcid.org/0009-0007-9405-4673*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-4401-5215* [4]*https://orcid.org/0000-0002-5039-9529*
[5]*https://orcid.org/0009-0007-4685-4596*

[1,2,3,4,5]*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,*
Астана, Қазақстан

@ [3]*danara.08.1998@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/ZCOX8420

КЕРАМИКАЛЫҚ КІРПІШ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ҚАЛЫПТАСУЫНА АЛЮМИНИЙ ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Бұл жұмыс алюминий қалдықтарының керамикалық кірпіштердің қасиеттеріне әсерін, олардың материалдардың физикалық-механикалық сипаттамаларын жақсартуға арналған қоспалар ретіндегі мүмкіндіктерін зерттеуге арналған. Зерттеудің мақсаты – алынған үлгілердің беріктік сипаттамалары мен микроқұрылымындағы өзгерістерді бағалау. Осы мақсатта сығымдауға төзімділік сынақтары, сондай-ақ сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM) көмегімен микроқұрылымдық талдау жүргізілді. Спектрлік талдауды қолдану арқылы кірпіштің беткі қабатында және құрылымында химиялық элементтердің таралуы анықталды. Суыққа төзімділік сынақтары жүргізілді. Нәтижелер алюминий қалдықтарын енгізу кірпіштің беріктігіне, тығыздығына және кеуектілігіне әсер ететінін көрсетті. Алынған мәліметтер керамикалық құрылыс материалдары өндірісінің экологиялық тазалығы мен экономикалық тиімділігін арттыру мақсатында дәстүрлі шикізатты алюминий қалдықтарымен ішінара ауыстыру мүмкіндігін растайды.

Тірек сөздер: алюминий қалдықтары, керамикалық кірпіш, спектрлік талдау, энергетикалық дисперсиялық рентгендік талдау (EDS), физикалық және механикалық қасиеттер.

Калиева, Ж.Е. Керамикалық кірпіш қасиеттерінің қалыптасуына алюминий қалдықтарының әсері [Мәтін] / Ж.Е. Калиева, Е.Р. Орынбай, Д.Е. Мәжит, А.К. Қожас, Е. Ерланұлы //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.160-170. https://doi.org/10.55956/ZCOX8420

Кіріспе. Құрылыс материалдарын өндіру табиғи ресурстарды айтарлықтай тұтынуды қамтиды. Құрылыс индустриясында қайта өңделген материалдарды пайдалануға мүмкіндік беретін экологиялық тұрақты және үнемді технологияларды дамытуға ерекше көңіл бөлінеді. Осындай бағыттардың бірі – құрылыс материалдарына өндіріс қалдықтарын енгізу.

Керамикалық кірпіш өндірісінде перспективті бағыт алюминий өндірісінің қалдықтарын пайдалану болып табылады, Бұл, ең алдымен, керамиканың беріктік сипаттамалары Al_2O_3 (алюминий оксиді) мөлшеріне айтарлықтай тәуелді болуымен, сұйық фазаның түзілуіне және қатты фазалық

реакциялардың үдеуіне ықпал ететін алюминий құрамындағы сілтілі қосылыстардың болуымен, сондай-ақ жанғыш компонент – көміртектің болуымен түсіндіріледі. Осылайша, зерттеулердің негізінде, күйдіру кезінде керамикалық массалардағы алюминий өндірісінің қалдықтары күйдіру кезіндегі шөгуін төмендететіні, сұйық фазаның пайда болуына, кристалдық фазалардың пайда болуына ықпал ететіні, сол арқылы өнімдерді қажетті физикалық және механикалық қасиеттермен қамтамасыз ететіні анықталды. Газды тазарту кезіндегі алюминий шламы әр түрлі композиттік керамикалық құрылыс материалдарын, соның ішінде қаптау плиткаларын өндіруде қолдануға болады. Оның керамикалық бұйымдарды өндіру үшін сазға қосылатын оңтайлы мөлшері 10-15% құрайды [1].

Авторлардың жұмысында [2] алюминий өндірісінің қалдықтарын керамика өнеркәсібінде пайдалану мүмкіндігін зерттеді. Бұл қалдықтар минералдандыратын компоненттің термореологиялық қасиеттеріне сәйкес керамикалық материалдардың беріктігін 40-250% және аязға төзімділігін 50-150 циклге арттыратыны анықталды.

Ендігі жұмыс [3] құрамында тұтқырлығы төмен құрамдастырылған минерализаторы бар 5-15% мөлшерінде алюминий өндірісінің шламын кеарамикалық кірпіш өндірісінде сазға қосу үлгілердің беріктігінің айтарлықтай артуына және суды сіңірудің төмендеуіне әкеледі.

1000-1050ºС температурада керамикалық матрицаның агломерациясы күшейеді және құрылымы мен фазалық құрамы қалыптасады, керамикалық сынық түсінің тұрақтануына қол жеткізіледі. Өндірістің ресурстық және энергия сыйымдылығын төмендету үшін шихтаға балқымалы саз шикізаты мен өнеркәсіптік қосалқы өнімдерді енгізуге болады [4]. Осындай жанама өнімдердің бірі алюминий шлактары болып табылады. Авторлардың жұмысында [5] керамикалық массаға 10% алюминий қалдықтарын енгізген кезде керамика сынығын агломерациялау және фазалық түзілу процестері күшейеді, бұл шыны фазасының мөлшерінің ұлғаюынан және мулиттің кристалдануынан жүзеге асады.

Зерттеулер көрсеткендей, құрамында Al_2O_3 мөлшері 25%-дан асатын алюминийі бар қалдықтарды қышқылға төзімді, қабырғалық, клинкерлік керамикалық материалдар мен жоғары физикалық, механикалық және химиялық қасиеттері бар кеуекті толтырғыштар өндірісінде қолданылуға болады [6].

Келесі жұмыста [7] алюминий шөгінділерін пайдаланудағы қиындықтарды шешу үшін негізгі шикізат ретінде азот концентрациясы жоғары алюминий шөгінділері бар күйдірілмеген кірпіштер дайындалды. Үш технологиялық параметр, соның ішінде қалыптау қысымы, араластыру суының мөлшері және алюминий қожының бөлшектерінің өлшемі бір факторлы эксперименттерге ұшырады. Зерттеу нәтижесінде кірпіштің сығымдалу беріктігі стандарттық көрсеткішпен сійкес келді.

Ендігі зерттеудің [8] мақсаты – алюминий шлактарын керамикалық плитка өндірісіне арналған шикізат ретінде қайта өңдеу. Шлак қабырға плиткаларына 1, 3, 5, 7, 10 және 15 салмақтық пайыз мөлшерінде қосылды. Қабырға плиткаларында шлактарды қолдану шикізат пен күйдірілген күйдегі беріктік мәндерін екі есе арттырады, сондықтан алюминий шлагы жұқа қабырға плиткаларындағы беріктікті арттыратын қоспалардың орнына оңай пайдаланылуы мүмкін. Үлгінің беріктігінің артуы SEM кескіндері арқылы есептелген кеуектілік көрсеткіштерімен де дәлелденді.

Бұл зерттеуде [9] алюминий қалдығы қабырға плиткаларына арналған жылтырсыз (ангобсыз) керамика жасау үшін негізгі компонент ретінде пайдаланылды. Бұл қосалқы өнімді қолдану полигонға тасталатын қалдықтарды және қоршаған ортаға келетін зиянды азайтуға мүмкіндік береді. Күйдіру процесі 1140-1200°C температурада, 4 сағат бойы жүргізілді, нәтижесінде мықты керамикалық үлгілер алынды.

Плазмалық өңдеу арқылы алюминий металлін қайта алу кезінде алынған алюминий қалдығы [10] (dross) отқа төзімді материалдарда бастапқы шикізатты алмастырушы ретінде сыналды. Бұл қалдықтың негізгі фазалары – $MgAl_2O_4$ (магний алюминаты) және AlN (алюминий нитриді) болды. Физикалық және механикалық сынақтардың нәтижелері бұл қалдықты алдын ала кальцинациясыз-ақ отқа төзімді материалдардағы ұсақ құрылымдық компоненттерді алмастыру үшін тікелей қолдануға болатынын көрсетті.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу үшін желдетілетін қасбетке арналған алюминий қосалқы жүйесінің өндірістік процестерінен кейін қалған алюминий қалдықтары және Ақмола облысында орналасқан Софиевка кен орнының саз балшықтары пайдаланылды.

BRUKER QUANTAX EDS рентгендік спектрометрі [11] көмегімен алюминий қалдығының және саздың элементтер бойынша химиялық талдауы жүргізілді.

Энергетикалық дисперсиялық спектроскопия (EDS) арқылы химиялық элементтердің материалда қалай таралғанын анықталды.

Керамикалық масса 20-22% ылғалдылықта және 15% қалдық қосу арқылы дайындалып, цилиндрлік үлгілер қалыптастырылды. Бұл [1] авторлардың жұмысындағы оңтайлы мөлшермен бірдей. Олар 1-2 МПа қысымда PGM-500 MG4A гидравликалық пресі арқылы тығыздалды [12]. Кейін олар қалдық ылғалдылығы 5% дейін 36 сағат бойы 100°C температурада кептіріліп, содан кейін 1050-1100°C муфельді пеште күйдірілді. 1-суретте үлгілерді дайындау процесі көрсетілген.

Ал авторлар [6] араластыру суының мөлшері 15% және алюминий шөгінділерінің өлшем диапазоны 80-130 микр алып, кірпіштің сығымдалу беріктігі 24,66 МПа құраған.



а) б) в)

Сурет 1. Үлгілерді дайындау: а) PGM-500 MG4A престе үлгілерді қалыптастыру б) кептіруге дейінгі үлгі в) күйдіруден кейінгі үлгі

Күйдірілген үлгілердің қысуға беріктік шегі пресс «Controls» арқылы анықталды [13].

Материалдың аязға төзімділігі мен ыстыққа төзімділігі бойынша сынақтар СМ-20/30-30 МАС-К климаттық камерасында жүргізілді [14].

Керамикалық материалдың микроқұрылымдық сипаттамаларын зерттеу үшін сканерлеуші электрондық микроскоп (SEM) талдауы жасалды. Ол үшін TM4000Plus (Hitachi) микроскобы пайдаланылып, 4 түрлі ұлғайтуда жасалды. SEM талдауы материал бетінің морфологиясы мен құрылымын анықтауға көмектесіп, беріктікке және қосымша әсерлерге төзімділікке әсер ететін жарықтар мен басқа да кемшіліктердің болуын анықтады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Алюминий қалдығының спектрлік анализі арқылы алынған деректер бойынша Al, O элементтерінің пайыздық өлшемі басымырақ. Бұл материалға жоғары беріктік, отқа төзімділік, химиялық төзімділік беретін элементтер. Ca агломерация температурасын төмендетеді, массаның пішінделу мен пластикалық қасиетін жақсартады. Ba материалдың тығыздығын, химиялық төзімділікті арттырып,термиялық кеңеюді азайтады (1-кесте).

Кесте 1

Алюминий қалдығының химиялық құрамы

O	Al	Ca	Ba
47,07	52,93	3,67	1,08

Керамикалық материалдардың физикалық-механикалық қасиеттерін қалыптастыруда сазды шикізаттың химиялық құрамы негізгі рөл атқарады. 2-кестеде зерттелетін саздың химиялық талдауының нәтижелері көрсетілген.

Кесте 2

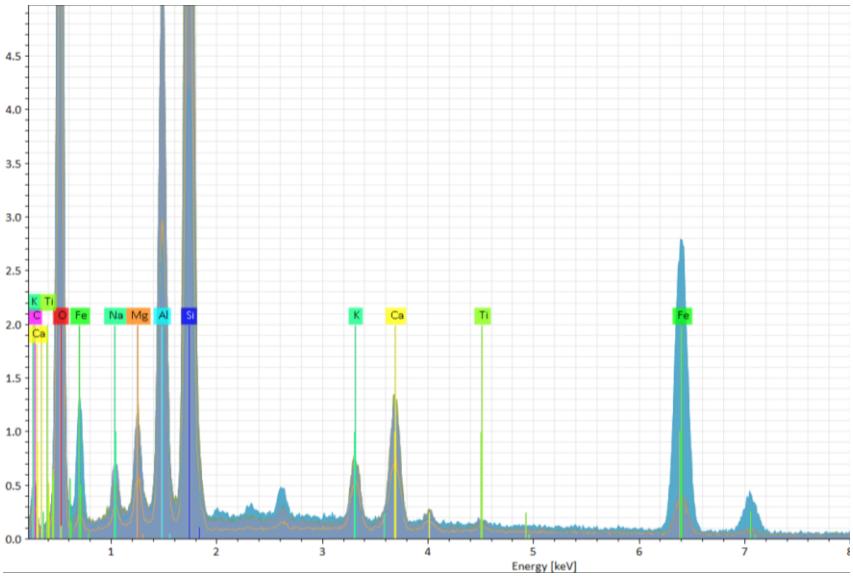
Саздың химиялық құрамы

O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe
45,79	1,61	2,18	10,83	26,02	2,15	4,83	0,67	5,92

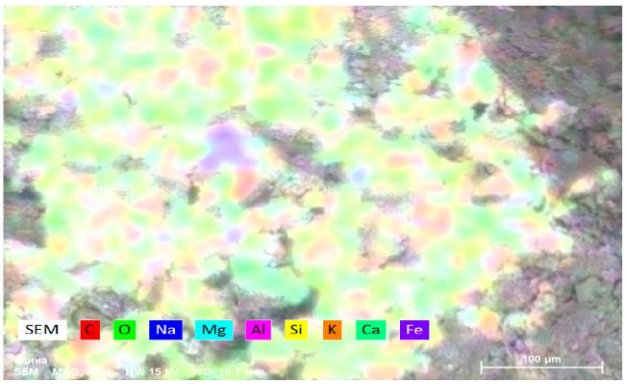
Құрамындағы негізгі элемент – оттегі (O, 45,79%), өйткені барлық элементтер оксидтер түрінде ұсынылған. Құрамындағы ең маңыздылары – кремний оксиді SiO_2 (26,02%) және алюминий Al_2O_3 (10,83%). Бұл компоненттер сазды минералдардың берік қаңқасын құрайды және керамиканың термиялық және химиялық тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Темір Fe (5,92%) сазға өзінің тән түсін (қызылдан қоңырға дейін) береді, ал тотыққан күйінде (Fe_2O_3) материалдың беріктігін арттыруға ықпал ете отырып, агломерация процесіне қатысады. Кальций агломерацияны жақсартады және күйдіруді тездетсе, Магний және титан сәйкесінше өнімнің ыстыққа төзімділігін жақсартуға көмектеседі. Калий және натрий балқу температурасын төмендетеді және шыны фазасының түзілуіне ықпал етеді, осылайша күйдіру кезінде тығыздық пен беріктікті арттырады.

Саздың элементтік құрамы 2-суретте график түрінде көрсетілген.

3-суретте элементтердің таралу картасы элементтердің сазда қалай таралғаның көрсетті, әр түс әртүрлі элементті білдіреді. Ең басым түстер сары және жасыл, сәйкесінше Si және O мөлшері көбірек.



Сурет 2. Саздың EDS спектрі



Сурет 3. Энергетикалық дисперсиялық спектроскопия арқылы саздың элементтерінің таралуы (C, O, Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe).

Кесте 3

Алюминий қалдықтарын пайдаланып жасалған керамикалық кірпіш үлгілерінің физика-механикалық қасиеттері

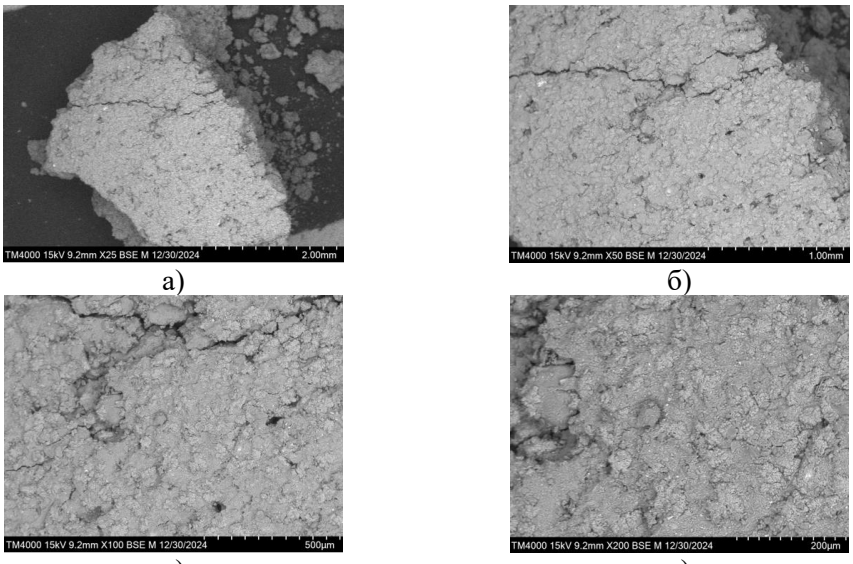
Керамикалық кірпіш	Аязға төзімділік	Қысуға беріктік шегі	Ыстыққа төзімділік
	14	9	2

Аязға төзімділік саны қирау белгілері (жарықтар) пайда болғанға дейін кірпіштің қанша қату-еріту цикліне төтеп бере алатынын көрсетеді. 14 циклі бұл керамикалық кірпіштің F14 маркасына сәйкес келеді. Бұл ғимараттар ішінде немесе қатты аяз болмаған аймақтарда қолданылатын кірпіштерге тән көрсеткіш. Кірпіштің қысуға беріктік шегі шамамен М90 маркасына сәйкес келеді, бұл жүк көтергіш және қоршау конструкциялары үшін өте қолайлы. Алайда [1,2,5] авторларының жұмыстарымен салыстырсақ беріктігі кіші, 18-26 МПа құрайды. Ыстыққа төзімділік көрсеткіші материалдың жоғары температураға қаншалықты төзімді екенін көрсетеді. Ыстыққа төзімділігі – 2

бұл кірпішті ішкі қабырғаларға, 200-250°C қыздыру температурасына төтеп бере алатын жерлерге қолдануға болады.

Авторлардың жұмысында жоғары температурада агломерациялау және каолинді (30%) қосқанда: шөгу көлемі 18%, кеуектілік 47,26%, көлемдік тығыздық 1,965 г/см³, сығуға беріктігі 31,9 МПа болды [15].

Әртүрлі үлкейтудегі 4-суреттегі кірпіштің микросуреті материалдың құрылымын зерттеуге мүмкіндік береді.



а) б)

в) г)

Сурет 4. TM4000Plus микроскопының (Hitachi) көмегімен кірпіш бетінің микросуреттері: а) 25× үлкейтілген; б) 50× үлкейтілген; с) 100× үлкейтілген; д) 200× үлкейтілген

25× үлкейту кезінде бөлшектердің өлшемі 150-500 мкм дейін, үлкен кеуектері бар, бөлшектердің ірі агрегаттары және олардың арасында әлсіз агломерация байқалады. 50× үлкейтуде бөлшектер 80-ден 250 мкм-ге дейін, гетерогенді түйіршікті құрылым, кейбір жерлерде фазаның тығыздалуы көрінеді, бірақ көптеген бос жерлер мен әлсіз байланыстар бар. 100× үлкейту бөлшектердің өлшемі 40-тан 120 мкм-ге дейін, құрылым тығызырақ, ұсақ түйіршіктер мен микрокеуектер анық көрінеді. 200× үлкейту кезінде бөлшектер 20-дан 80 мкм-ге дейін дәндердің беті кедір-бұдыр, шыны фазасы жоқ, бұл әлсіз агломерацияны көрсетеді.

Кесте 4

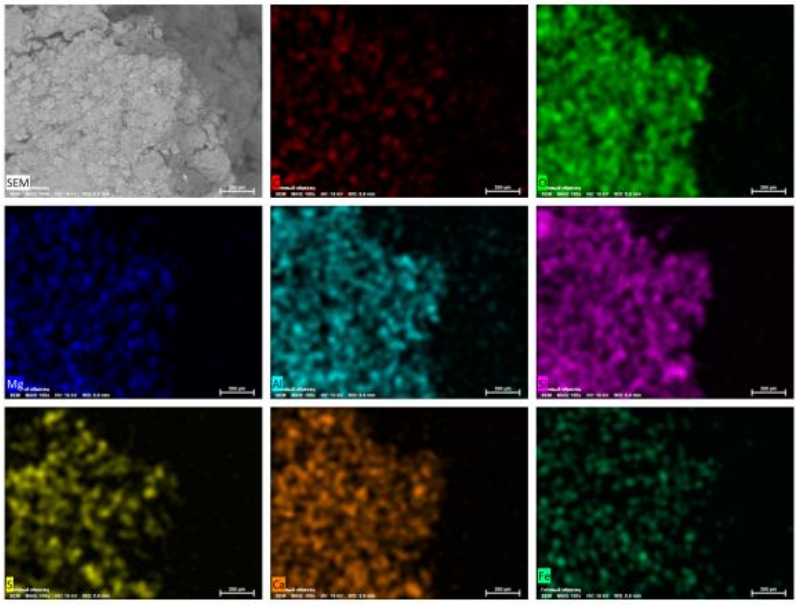
Алюминий шлак негізіндегі кірпіштің элементтік құрамы

O	Si	Ca	Al	Fe	Mg	S	K	Na
41,52%	21,15%	9,94%	8,09%.	5,77%	2,23%	1,54%	1,33%	1,43%

4-кестеде алюминий шлактары қосылған кірпіштің химиялық құрамы көрсетілген. Оттегінің жоғары болуы 41,52% әртүрлі оксидті қосылыстардың (SiO_2, Al_2O_3, CaO және т.б.) болуына байланысты. Бұл материалдың оксидтік табиғатын және оның термиялық тұрақтылығын растайды. Оксидтер күйдіру кезінде күшті керамикалық матрицаның пайда болуын қамтамасыз етеді. Кремний диоксиді (SiO_2) түріндегі кремний негізгі құрылым түзуші

компонент рөлін атқарады. Ол шыны тәрізді фазаны құрайды, ыстыққа төзімділікті жақсартады, суды сіңіруді азайтады және керамикалық денені нығайтуға көмектеседі. Кальций тығыз құрылымның қалыптасуына ықпал етеді және күйдіру кезінде фазалық өзгерістерді жылдамдатады. Алюминий мен магний ыстыққа төзімділікті қамтамасыз етеді. Олардың мөлшерінің аз болуы ыстыққа төзімділіктің сәйкесінше аз мәніне сәйкестігін байқаймыз. Қалған элементтер белсенді ағындар ретінде әрекет етеді.

5-суреттегі элементтердің таралу картасы зерттелетін үлгідегі негізгі компоненттердің концентрациясын көрсетеді. EDS талдау әдісі оттегі (O), көміртегі (C), магний (Mg), алюминий (Al), кремний (Si), күкірт (S), кальций (Ca) және темір (Fe) сияқты элементтердің таралуын визуализациялау үшін пайдаланылды.



Сурет 5. Кірпіш композициядағы элементтердің таралу карталары (C, O, Si, Al, Ca, Fe, Mg, S).

Спектрлік талдау материал бетінде барлығы 6 нүкте алынып жасалды. Әрбір нүкте химиялық құрамды бағалау үшін, спектрлік талдау жүргізілген материалдың белгілі бір аймағын көрсетеді. Химиялық құрамның элементтер бойынша салыстырмалы талдауы 5-кестеде келтірілген.

Кесте 5

Химиялық құрамның салыстырмалы талдауы элементтер бойынша

Элемент	1 нүкте (%)	2 нүкте (%)	3 нүкте (%)	4 нүкте (%)	5 нүкте (%)	6 нүкте (%)
Si	21,15	13,04	12,18	15,11	19,45	11,65
Ca	9,94	10,80	10,80	11,36	10,50	16,68
Al	8,09	8,04	8,93	5,93	4,37	3,99
Fe	5,77	5,55	5,04	4,58	3,99	3,94
S	1,54	3,89	3,73	3,03	3,44	8,20
Mg	2,23	1,06	1,01	1,78	1,22	1,11
K	1,83	1,39	1,25	1,64	1,09	1,12
Na	1,33	-	-	0,64	-	-

Si мазмұны 11,65%-дан 21,15%-ға дейін өзгереді. Ең жоғары мән 1 және 5 нүктелерде байқалады, бұл шыны фазаны құрайтын керамиканың негізгі құрылым құраушы құрамдас бөлігі кремний диоксидінің жоғары құрамын көрсетеді. Ca мөлшері 9,94%-дан 16,68%-ға дейін ауытқиды. 6 нүктеде ерекше жоғары мән байқалады, ол кальций фазаларының жергілікті жинақталуын көрсетуі мүмкін. Бұл элемент агломерация температурасын төмендететін және тығыз күйдіруге ықпал ететін ағын ретінде әрекет етеді. Al 3,99%-дан 8,93%-ға дейін ауытқиды, ең жоғары концентрациясы 3-ші нүктеде.Алюминий ыстыққа төзімділік пен беріктікті қамтамасыз ететін мулит фазасының түзілуіне қатысады. Fe сынама бойынша біркелкі таралады, 3,94%-дан 5,77%-ға дейін, материалға қызғылт реңк береді. S айтарлықтай ауытқуы байқалады: 1,54%-дан 8,20%-ға дейін. Магний, калий, натрий 1-2% шамасында аутқиды, олардың біркелкі таралуы тұрақты күйдіру процесі үшін маңызды.

Қорытынды. Зерттеу құрылыс керамикасын өндіруде белсенді қоспа ретінде алюминий өндірісінің қалдықтарын пайдаланудың орындылығын растады. Саз массасына 15% алюминий қалдығын қосу SEM және EDS талдауымен расталған кеуектілігі төмендеген және бөлшектердің біркелкі таралуымен тығыз керамикалық матрицаның пайда болуына әкелді. Алюминий қалдығының химиялық құрамындағы басым элементтер Al,O; саз құрамында O, Si, Al екені анықталды. TM4000Plus сканерлеуші электрондық микроскоптың (Hitachi) көмегімен алынған кескіндер құрылымның тығыздалуын және минералды бөлшектердің біркелкі таралуын анық көрсетеді. 25× және 50× үлкейту кезінде үлкен агломераттар және жақсы анықталған түйіршік шекаралары байқалады, бұл күйдіру кезінде компоненттердің белсенді әрекеттесуін көрсетеді. 100× және 200× үлкейту кезінде мөлшері 20-дан 100 мкм-ге дейін болатын, негізінен дөңгелек бөлшектері бар түйіршікті бет анық көрінеді. Алюминий қалдықтарының бөлшектері агломерацияны жақсартуға және азырақ кеуектері бар тығыз керамикалық матрицаның пайда болуына ықпал етті.

Алюминий қалдығы қосылған керамикалық материалдың қысуға беріктік шегі – 9, аязға төзімділігі – 14, ыстыққа төзімділік қасиеті – 2 ие болды.

Қорытындылай келе келесі практикалық ұсыныстар келтірілген:

– жеткілікті беріктігі мен климаттық әсерлерге төзімділігі бар құрылыс керамикасын өндіру үшін алюминий қалдықтарын шикізат салмағының 10-15% мөлшерінде пайдалану;

– алынған материалды ішкі қалқаларға, жүк көтермейтін қабырғаларға және қыстың қалыпты температурасы бар аймақтардағы құрылымдарға арналған кірпіш өндірісінде пайдалану;

– алюминий қалдықтарының бөлшектерінің агломерациясын жақсарту және өнімнің жалпы тығыздығын арттыру үшін қосымша төмен балқитын флюстерді немесе модификаторларды (мысалы, құрамында кальций бар компоненттер) зерттеу және енгізу ұсынылады;

– өнімдерде жарықтар мен деформациялардың пайда болуын болдырмау үшін кептіру 100°C температурада 5% ылғалдылыққа дейін біртіндеп жүргізілуі керек, бұл ішкі кернеуді азайтады;

– бұл технологияны пайдалану өнеркәсіптік қалдықтарды азайтуға, өндіріс шығындарын азайтуға және қоршаған ортаға әсерді азайтуға

көмектеседі, бұл әсіресе металл өңдеу өнеркәсібі дамыған аймақтар үшін маңызды;

– алюминий қалдықтарының бөлшектерінің агломерациясын жақсарту және өнімнің жалпы тығыздығын арттыру үшін қосымша төмен балқитын флюстерді немесе модификаторларды (мысалы, құрамында кальций бар компоненттер) зерттеу және енгізу;

– өнеркәсіптік қолдануда пайдалану кезінде өнім сапасының тұрақтылығын растау үшін беріктік, су сіңіру және ыстыққа төзімділік көрсеткіштерін тұрақты бақылау жүйесін ұйымдастыру ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Брученко, А.Е. Сазды және алюминий өндірісінің қалдықтарын пайдаланатын құрылыс керамикасы [Мәтін] / А.Е. Брученко, С.И. Мушарапова // Құрылыс материалдары. – 2010. – Б. 28-30.
2. Еромасов, Р.Г. Пути утилизации отходов газоочистки алюминиевого производства в технологии керамического кирпича [Текст] / Р.Г. Еромасов, Э.М. Никифорова, Т.В. Ступко, М.Н. Васильева, Н.С. Симонова, С.А. Куликов, Б.О. Аполлонов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.
3. Довженко, И.Г. Эффективность применения сталеплавильных шлаков в грубозернистых массах для производства керамического кирпича [Текст] / И.Г. Довженко // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 4. – С. 78-82.
4. Довженко, И.Г. Интенсификация спекания керамического кирпича с применением побочного продукта алюминиевого производства [Текст] / И.Г. Довженко // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12-2. – С. 341-344.
5. Skachkova M.E., Erokhin A.S., Mitrofanov M.S. Use of aluminum-containing waste in production of ceramic materials for various purposes // Refractories and Industrial Ceramics. – 2013. – Vol. 54. – No. 4. – P. 275-278.
6. Ni H., Wu W., Lu C., Wang X., Zhu Y., Lv S. Preparation of aluminum dross non-fired bricks with high nitrogen concentration and optimization of process parameters // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12. – No. 12. – P 6133.
7. Tamsu Selli N., Basaran N. Valorization of aluminium slags to produce sustainable ceramic wall tiles // Journal of the Australian Ceramic Society. – 2023. – Vol. 59. – P. 1249-1261.
8. Sooksaen P., Puathawee P. Properties of unglazed ceramics containing aluminum dross as a major component // Solid State Phenomena. – 2017. – Vol. 266. – P. 182-186.
9. Yoshimura, H.N. Evaluation of aluminum dross waste as raw material for refractories / H.N. Yoshimura, A.P. Abreu, A.L. Molisani, A.C. de Camargo, J.C.S. Portela, N.E. Narita // Ceramics International. – 2008. – Vol. 34. – Issue 3. – P. 581-591.
10. ASTM E1508-12. Standard guide for quantitative analysis by energy-dispersive spectroscopy. – ASTM International, 2012.
11. 49130–12. Описание типа СИ. Прессы гидравлические малогабаритные ПГМ-МГ4 [Текст].
12. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам [Текст]. – Введ. 01-07-2013. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 29 с.
13. ГОСТ 57606-2017. Композиты керамические. Метод испытания на сжатие при нормальной температуре. [Текст]. – Введ. 01-02-2018. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 27 с.
14. Климатическая камера СМ-20/30–30 МАС-К. Описание оборудования для проведения испытаний морозостойкости кирпича по ГОСТ 530–2012 и ГОСТ 7025-91 [Текст].

15. Liang Y., Yuan L., Xiuling C., Yulong Y., Chen Zh., Yanli J. Research of microstructure, phase, and mechanical properties of aluminum-dross-based porous ceramics // Renewable Materials. – 2023. – Vol. 11. – Issue 7. – P. 3057-3072.

Материал редакцияға 18.04.25 түсті, 23.10.25 қабылданды.

Ж.Е. Калиева[1], Е.Р. Орынбай[1], Д.Е. Мажит[1], А.К. Кожас[1], Е. Ерланулы[1]

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

ВЛИЯНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТХОДОВ В ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Аннотация. Данная работа посвящена изучению влияния алюминиевых отходов на свойства керамического кирпича, их потенциала в качестве добавок для улучшения физико-механических характеристик материалов. Цель исследования – оценить изменения прочностных характеристик и микроструктуры полученных образцов. С этой целью были проведены испытания на прочность на сжатие, а также микроструктурный анализ с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Распределение химических элементов в поверхностном слое и структуре кирпича определяли с помощью спектрального анализа. Были проведены испытания на холодостойкость. Результаты показали, что включение алюминиевых отходов влияет на прочность, плотность и пористость кирпича. Полученные данные подтверждают возможность частичной замены традиционного сырья алюминиевыми отходами с целью повышения экологической чистоты и экономической эффективности производства керамических строительных материалов.

Ключевые слова: алюминиевые отходы, керамический кирпич, спектральный анализ, энергодисперсионный рентгеновский анализ (ЭДС), физико-механические свойства.

Zh.E. Kaliyeva[1], E.R. Orynbay[1], D.E. Mazhit[1], A.K. Kozhas[1], E. Erlanuly[1]

[1]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

INFLUENCE OF ALUMINUM WASTES ON THE PROPERTIES OF CERAMIC BRICKS

Abstract. This study is devoted to investigating the influence of aluminum wastes on the properties of ceramic bricks and their potential as additives for improving the physicomechanical characteristics of the materials. The aim of the research is to evaluate changes in the strength characteristics and microstructure of the obtained samples. For this purpose, compressive strength tests and microstructural analysis using scanning electron microscopy (SEM) were conducted. The distribution of chemical elements in the surface layer and brick structure was determined by spectral analysis. Frost resistance tests were also carried out. The results showed that the inclusion of aluminum wastes affects the strength, density, and porosity of the bricks. The obtained data confirm the possibility of partial replacement of traditional raw materials with aluminum wastes to enhance environmental sustainability and economic efficiency in the production of ceramic building materials.

Keywords: aluminum waste, ceramic bricks, spectral analysis, energy dispersive X-ray analysis (EDS), physical and mechanical properties.

References

1. Buruchenko, A.E., Musharapova, S.I. Sazdy zhane alyuminiy ondirisinin kaldyktaryn paydalanatyn qurylis keramikas [Construction ceramics using clay and aluminum industry wastes] // Construction Materials. – 2010. – P. 28-30. [in Kazakh].
2. Eromasov R.G., Nikiforova E.M., Stupko, T.V., Vasileva, M.N., Simonova, N.S., Kulikov, S.A., Apollonov B.O. Puti utilizatsii otkhodov gazoocistki alyuminiyevogo proizvodstva v tekhnologii keramicheskogo kirpicha [Ways of utilization of aluminum production gas cleaning wastes in ceramic brick technology] // Modern Problems of Science and Education. – 2015. – No. 1. [in Russian].
3. Dovzhenko I.G. Effektivnost primeneniya stalyeplavilnykh shlakov v grubozernistykh massakh dlya proizvodstva keramicheskogo kirpicha [Efficiency of using steelmaking slags in coarse-grained masses for ceramic brick production] // Fundamental Research. – 2011. – No. 4. – P. 78-82. [in Russian].
4. Dovzhenko, I.G. Intensifikatsiya spekaniya keramicheskogo kirpicha s primeneniem pobochnogo produkta alyuminiyevogo proizvodstva [Intensification of ceramic brick sintering using by-product of aluminum production] // Fundamental Research. – 2011. – No. 12-2. – P. 341-344. [in Russian].
5. Skachkova, M.E., Erokhin, A.S., Mitrofanov, M.S. Use of aluminum-containing waste in production of ceramic materials for various purposes // Refractories and Industrial Ceramics. – 2013. – Vol. 54. – No. 4. – P. 275-278.
6. Ni, H., Wu, W., Lu, C., Wang, X., Zhu, Y., Lv, S. Preparation of aluminum dross non-fired bricks with high nitrogen concentration and optimization of process parameters // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12. – No. 12. – P. 6133.
7. Tamsu Selli, N., Basaran, N. Valorization of aluminium slags to produce sustainable ceramic wall tiles // Journal of the Australian Ceramic Society. – 2023. – Vol. 59. – P. 1249-1261.
8. Sooksaen, P., Puathawee, P. Properties of unglazed ceramics containing aluminum dross as a major component // Solid State Phenomena. – 2017. – Vol. 266. – P. 182-186.
9. Yoshimura, H.N., Abreu, A.P., Molisani, A.L., de Camargo, A.C., Portela, J.C.S., Narita, N.E. Evaluation of aluminum dross waste as raw material for refractories / H.N. Yoshimura, A.P. Abreu, A.L. Molisani, A.C. de Camargo, J.C.S. Portela, N.E. Narita // Ceramics International. – 2008. – Vol. 34. – Issue 3. – P. 581-591.
10. ASTM E1508–12. Standard guide for quantitative analysis by energy-dispersive spectroscopy. – ASTM International, 2012.
11. 49130–12. Opisanie tipa SI. Pressy gidravlicheskie malogabaritnye PGM-MG4 [Description of measuring instrument type. Small-size hydraulic presses PGM-MG4]. [in Russian].
12. GOST 10180–2012. Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrolnym obraztsam [Concrete. Methods for determining strength using control samples]. – Introduced 01-07-2013. – Moscow: Standartinform, 2013. – 29 p. [in Russian].
13. GOST 57606–2017. Kompozity keramicheskie. Metod ispytaniya na szhatie pri normalnoy temperature [Ceramic composites. Compression test method at normal temperature]. – Introduced 01-02-2018. – Moscow: Standartinform, 2017. – 27 p. [in Russian].
14. Klimaticheskaya kamera SM-20/30–30 MAS-K. Opisanie oborudovaniya dlya provedeniya ispytaniy morozostoykosti kirpicha po GOST 530–2012 i GOST 7025–91 [Climate chamber SM-20/30–30 MAS-K. Description of equipment for testing frost resistance of bricks according to GOST 530–2012 and GOST 7025–91]. [in Russian].
15. Liang, Y., Yuan, L., Xiuling, C., Yulong, Y., Chen, Zh., Yanli, J. Research of microstructure, phase, and mechanical properties of aluminum-dross-based porous ceramics // Renewable Materials. – 2023. – Vol. 11. – Issue 7. – P. 3057-3072.

ҒТАМР 67.11.31

Ж.А. Үсенқұлов[1] – *негізгі автор*, ©
Д.Ж. Артықбаев[2], Ф.Х. Аубакирова[3], А.М. Будикова[4], А.Б. Курбанбаев[5]

[1]Техн. ғылым. канд., профессор, [2]PhD, аға оқытушы,
[3,4,5]Техн. ғылым. канд.,доцент,

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0002-2609-1671 [2]https://orcid.org/0000-0003-4794-8707
[3]https://orcid.org/0000-0002-4687-1528 [4]https://orcid.org/0000-0003-4879-9467
[5]https://orcid.org/0009-0007-5402-8999

[1,2,3]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан ғылыми зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан
[4]Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан
[5]И. Раззаков атындағы Қырғыз мемлекеттік техникалық университеті, Бішкек, Қырғызстан

@ *[2]artykbaev_d@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/LDQA5409

БЕТОНДЫҚ ҚҰРЫЛЫМДАРДАҒЫ ИІЛМЕЛІ ДЕФОРМАЦИЯЛАРДЫ ЕСЕПКЕ АЛУ МӘСЕЛЕСІ ТУРАЛЫ

Аңдатпа. Мақалада темірбетон құрылымдарын жобалау кезінде иілмелі деформацияларды ескерудің өзекті мәселесі қарастырылады. Бұл фактор ғимараттар мен құрылыстардың сенімді пайдаланылуына тікелей әсер етеді. Қолданыстағы есептеу әдістеріне, призмалық үлгілер бойынша жүргізілген тәжірибелік сынақтардың нәтижелеріне және ANSYS бағдарламасындағы сандық модельдеуге (ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011, Eurocode 2 және Бажант-Бавейдің B3 моделі талаптарын ескере отырып) талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша бетонның толық деформациясы серпімді, сырғу, шөгу және қалдық құрамдас бөліктерден қалыптасатыны анықталды. Тәжірибелік деректер алғашқы бес жыл ішінде бетондағы сырғу деформациясының шамасы шамамен 700 με, ал шөгу шамамен –300 με болатынын көрсетті. B3 моделі бойынша есептеулер тәжірибелік нәтижелермен ең аз айырмашылық (<5%) көрсетсе, келтірілген модуль әдісі деформация шамасын 30-35%-ға төмен бағалайтыны анықталды. Зерттеу қорытындылары бойынша қазіргі заманғы есептеу модельдерін (Eurocode 2, B3 моделі) жобалау тәжірибесінде қолдану жөнінде ұсыныстар берілді. Бұл тәсіл деформациялар мен иілу қисықтығын анықтау дәлдігін арттырып, темірбетон құрылымдарының сенімділігі мен ұзақ мерзімді беріктігін қамтамасыз етеді.

Тірек сөздер: темірбетон құрылымдары, иілмелі деформациялар, бетонның сырғуы, шөгу, жарықтардың түзілуі, қаттылық, иілу, құрылымның ұзақмерзімділігі.

Үсенқұлов, Ж.А. Бетондық құрылымдардағы иілмелі деформацияларды есепке алу мәселесі туралы [Мәтін] / Ж.А. Үсенқұлов, Д.Ж. Артықбаев, Ф.Х. Аубакирова, А.М. Будикова, А.Б. Курбанбаев //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.171-180. https://doi.org/10.55956/LDQA5409

Кіріспе. Темірбетон құрылымдарын жобалау кезінде материалдардың жүктеме әсерінен деформациялану үдерістерінің күрделілігін ескеру талап етіледі. Дәстүрлі есептеу тәсілдері көбінесе бетонның сызықты серпімді

қасиеттеріне негізделеді, мұнда кернеу мен деформация арасындағы байланыс Гук заңы арқылы сипатталады:

$$\sigma = \mathrm{E} \cdot \varepsilon \quad (1)$$

мұндағы: σ – кернеу, МПа; Е – бетонның серпімділік модулі, МПа; ε – салыстырмалы деформация [1].

Алайда көптеген тәжірибелік зерттеулер көрсеткендей, ұзақ мерзімді жүктемелер әсер еткен жағдайда темірбетон сырғу және шөгу құбылыстарын байқатады. Бұл процестер нәтижесінде иілмелі деформациялар дамып, олардың шамасы бетондағы серпімді деформациялардан бірнеше есе артық болуы мүмкін [2,3].

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_o + \varphi(t, t_o) \cdot \varepsilon_o \quad (2)$$

мұндағы: ε_0 – жедел серпімді деформация; $\varphi(t,t_0)$ – **с**ырғу коэффициенті, ол уақытқа тәуелді функция болып табылады [4].

Айта кету керек, әртүрлі нормативтік құжаттарда темірбетондағы иілмелі деформацияларды есепке алудың әртүрлі әдістері ұсынылған (1-кесте).

1 кесте

Бетон деформацияларын есепке алу әдістері

Әдістің атауы	Нормативтік құжат	Артықшылық тары	Кемшіліктері
Сызықты серпімді әдіс	ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011 [1]	Қарапайымдылығы	Сырғу ескерілмейді
Келтірілген модуль әдісі	ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011 [1]	Сырғуды ішінара ескереді	Жақындатылған сипатқа ие
Сызықты емес σ–ε диаграммасы әдісі	Eurocode 2 [5]	Жоғарырақ дәлдік қамтамасыз етеді	Қолдану күрделілігі бар
B3 моделі (Бажант-Бавей моделі)	Bazant, Baweja [6]	Барлық түрдегі деформациялар ескеріледі	Есептеу күрделілігі жоғары
Эксперименттік-сандық (FEM) әдіс	Rusch [7], Neville [4]	Күрделі құрылымдарды модельдеуге мүмкіндік береді	Есептеу ресурстарына жоғары талап қояды

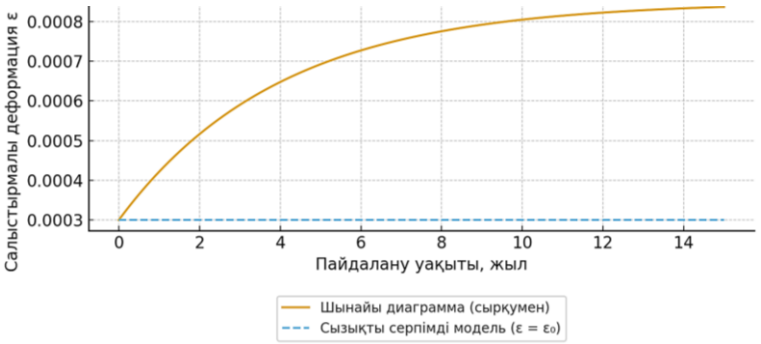
Қазақстан Республикасының қолданыстағы нормативтік құжатында (ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011) бетонның иілмелі деформацияларын есепке алу үшін келтірілген серпімділік модулі әдісі қолданылады. Бұл әдісте тиімді серпімділік модулі келесі формула бойынша анықталады:

$$E_{ef} = \frac{E}{1+\varphi(\mathrm{t},t_0)} \quad (3)$$

Бұл тәсіл сырғу (ползучесть) құбылысын жеңілдетілген түрде ескеруге мүмкіндік береді [1]. Сонымен қатар, Eurocode 2 [5] және Бажант пен Бавейдің B3 моделі [6] деформациялардың уақыт бойынша даму заңдылықтарын сипаттайтын экспоненциалдық тәуелділіктерді қолданады.

Бұл әдістер ұзақ мерзімді пайдалану кезеңдерін модельдеу кезінде әлдеқайда жоғары дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл 1-суретте көрсетілген.

1-суретте екі қисық бейнеленген: бірі – сызықты серпімді модельге, ал екіншісі – нақты тәжірибелік нәтижелерге сәйкес келеді. Тұрақты жүктеме әсері кезінде классикалық теория бойынша деформация ε тұрақты болып қалады ($\varepsilon=\varepsilon_0$), ал нақты тәжірибелік деректер көрсеткендей, 10-15 жылдық пайдалану мерзімі ішінде бұл деформация шамамен 2-3 есеге дейін артады [4,6].



Сурет 1. Сырғуды ескерген және ескермеген жағдайда салыстырмалы деформацияның (ε) уақыт бойынша өзгерісі

Осылайша, темірбетон құрылымдарын жобалау кезінде иілмелі деформацияларды есепке алу мәселесін зерттеу қазіргі құрылыс ғылымындағы өзекті бағыттардың бірі болып табылады. Сырғу және шөгу процестерін дәл есепке алу келесі міндеттерді шешу үшін қажет:

– ғимараттар мен құрылыстардың сенімділігін қамтамасыз ету;
– апаттық жағдайлардың алдын алу;
– құрылымдардың қызмет ету мерзімін дұрыс болжау [2,5,7].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Темірбетон құрылымдарының жұмыс істеуіне бетондағы иілмелі деформациялардың (сырғу мен шөгу) әсерін талдау мақсатында зерттеулерде келесі бастапқы шарттар қабылданды:

– бетон класы B30, есептік серпімділік модулі $E_b=3.0\cdot10^4$ МПа [7];
– арматура класы A500C, ағымдылық шегі $f_y=500$ МПа [8];
– жүктемелер: тұрақты (G) және ұзақ мерзімді пайдалану (Q), $\psi_1=0,7$ біріктіру коэффициентімен қабылданды [9].

Есептік кезеңнің ұзақтығы – 50 жыл, деформациялардың тіркелуі 1, 5, 10 және 20 жыл сайын жүргізілді.

Бетонның сырғу қасиеттерін сипаттау үшін халықаралық тәжірибеде ұсынылатын Бажант пен Бавейдің B3 моделі қолданылды [3,10]. Салыстыру мақсатында қосымша келесі әдістер пайдаланылды:

– ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011 бойынша келтірілген модуль әдісі [1];
– Eurocode 2 моделі [5].

Зерттеу әдістері: зерттеу барысында тәжірибелік сынақтар және сандық модельдеу (ANSYS бағдарламасында) қолданылды.

Тәжірибелік зерттеу: Бетонның ұзақ мерзімді деформацияларын анықтау үшін өлшемдері 10×10×40 см болатын призмалық үлгілер дайындалды. Үлгілерге бетон беріктігінің шегінен 30% деңгейіндегі ұзақ мерзімді жүктеме түсірілді. Деформациялар тензодатчиктер арқылы тіркеліп отырды. Жедел деформация келесі формуламен анықталады:

$$\varepsilon_0 = \frac{\sigma}{E_b} \quad (4)$$

мұндағы, σ – үлгі ішіндегі кернеу.

Сырғуды ескергендегі бетонның толық деформациясын есептеу формуласы келесі түрде беріледі:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_o \cdot (1 + \varphi(t, t_o)) \quad (5)$$

мұндағы, $\varphi(t,t_0)$ – уақытқа тәуелді сырғу коэффициенті.

Есептеулердің дәлдігін арттыру мақсатында ANSYS бағдарламасында ақырлы элементтер әдісі (FEM) қолданылды. Бұл модельде бетонның σ–ε сызықты емес диаграммасы Eurocode 2 нормативіне сәйкес енгізілді [11], ал шөгу деформациялары Neville әдістемесі бойынша ескерілді [12].

Есептеу нәтижелері кестелік түрде (2-кесте) және графикалық түрде (2-сурет) ұсынылған.

2 кесте

Салыстырмалы модельдеу нәтижелері

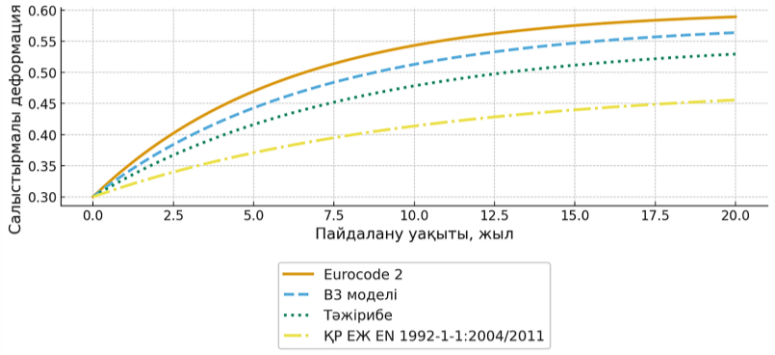
Есептеу әдісі	Деформация, ε, ‰	Тәжірибелік нәтижеден салыстырмалы ауытқу, %
ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011 [1]	0,42	–35
Eurocode 2 [11]	0,58	–10
Модель B3 [10]	0,63	–3
Тәжірибе	0,65	0

Бетон деформациясының уақыт бойынша дамуын талдау (2-сурет). Бетондағы деформацияның уақытқа тәуелді дамуын талдау нәтижелері келесіні көрсетеді:

– ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011 әдісі бойынша алынған деформациялар төмендетілген мәндерге ие, олардың шамасы 20 жыл өткеннің өзінде 0,45‰-тен аспайды**;**

– Eurocode 2 сызығы тәжірибелік деректермен жақсырақ сәйкестік көрсетеді, бұл әдістің есептік дәлдігін арттырады;

– B3 моделі тәжірибе нәтижелерімен іс жүзінде толық сәйкес келеді**,** оның есептік қателігі 5%-дан төмен**.**



Сурет 2. Бетон деформациясының уақыт бойынша дамуы
(B30 класы, жүктеме 30% Rb)

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ұзақ мерзімді жүктеме әсері кезінде бетонның толық деформациясы бірнеше құрамдас бөліктерден тұрады: серпімді**,** сырғу**,** шөгу және қалдық (пластикалық) деформациялар.

Бұл қатынас келесі түрде өрнектеледі:

$$\varepsilon_{tot}(t) = \varepsilon_e + \varphi(t) \cdot \varepsilon_e + \varepsilon_{sh}(t) + \varepsilon_{pl} \quad (6)$$

мұндағы: $\varepsilon_e = \frac{\sigma}{E_c}$ – бұл жедел серпімді деформация, яғни жүктеме әсер еткен сәтте пайда болатын бастапқы кернеу-деформация қатынасы; φ(t) – уақытқа тәуелді сырғу коэффициенті; $\varepsilon_{sh}(t)$ – шөгу деформациясы, ε_{pl} – қалдық пластикалық құрамдас бөлік [13-16]. Тәжірибелік зерттеу нәтижелері 3-суретте келтірілген.

3-суретке сәйкес, бетонның ұзақ мерзімді жұмыс істеуі барысында:

– сырғу деформациясының шамасы шамамен 700 με деңгейіне жетеді;

– шөгу деформациясы шамамен 300 με құрайды;

– ал сирек кездесетін артық жүктемелер (18 МПа дейін) кезінде пайда болатын қалдық пластикалық деформациялар жалпы деформацияны қосымша 10-15%-ға арттырады.

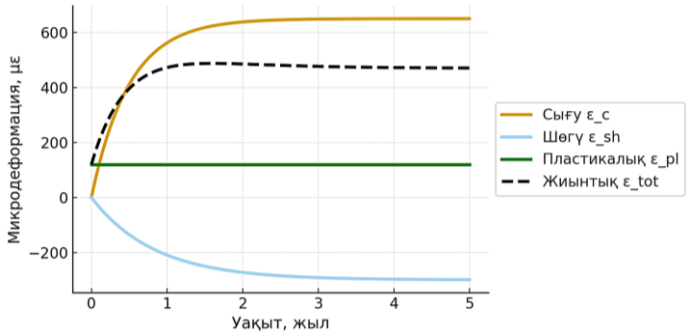
Аталған нәтижелер Eurocode 2 және ACI 318 нормативтік ережелерінде көрсетілген деректермен толық сәйкес келеді [12,16].

Иілгіш темірбетон элементтерін талдау үшін «момент–қисықтық» (M–χ) тәуелділік қисықтары тұрғызылды.

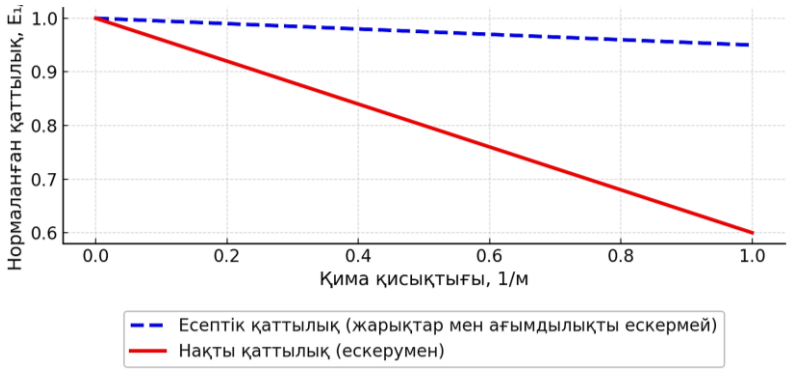
Серпімді модельде арматура ағымдылық шегіне жеткенге дейін (χу ≈ 1,5-1,6·10⁻³) моменттің сызықты өсуі байқалады. Алайда, жарықтардың түзілуін ескерген жағдайда элементтің қаттылығы шамамен екі есеге төмендейді**,** бұл X_{cr} = 0,8·10^{-3}мәнінен кейін анық көрінеді. Бетон элементінің тиімді қаттылығы келесі формула арқылы өрнектеледі:

$$(EI)_{eff}(t,x) = \frac{E_c I_c}{1+\alpha\varphi(t)} \cdot \Psi_{cr}(x,\rho) \quad (7)$$

мұндағы: I_c – жарықсыз қиманың инерция моменті**;** α – жүктеменің әсер ету ұзақтығының коэффициенті**;** Ψ_{cr} – жарықтар түзілуінің коэффициенті [15,16].



Сурет 3. Ұзақ мерзімді жүктеме әсеріндегі бетонның толық деформациясы



Сурет 4. Құрылым қаттылығының жарықтар түзілуіне тәуелділігі

4-суреттегі график көрсеткендей, жарықтардың түзілуін және материалдың ағымдылығын (пластикалық ағу) елемеу элементтің есептік қаттылығын артық бағалауға**,** ал қисықтықты (χ) төмендетіп бағалауға әкеледі. Бұл қателік әсіресе пайдалану кезеңінде конструкцияның нақты жұмыс қабілетін бағалауда маңызды әсер етеді.

Ұзақ мерзімді жүктеме кезінде ұзындығы 6 м болатын арқалықтың иілуін есептеу нәтижесінде 5 жыл ішінде сырғу әсерінен иілудің шамамен 40-50%-ға артқаны анықталды. Артық жүктемелер кезінде (1,8 σ_s дейін) қалдық байқалып, ол бастапқы прогибтің шамамен 12%-ын құрады.

Осындай құбылыстар Бажант пен Жирасек [14], сондай-ақ Gilbert және Ranzi [15] жүргізген тәжірибелік зерттеулерде де тіркелген.

3-кестедегі деректерді талдау келесі қорытындыларды жасауға мүмкіндік береді:

– ұзақ мерзімді жүктеме үлесі 0,3-тен 0,5-ке артқан кезде сырғу коэффициенті φ шамамен 20-30% өседі;

– арматура пайыздылығы 0,8%-дан 2,0%-ға дейін артқанда, иілу шамасы 20-25%-ға азаяды;

– арматура аз**,** ал жүктеме жоғары болған жағдайда иілу нормативтік шектен (L/250) асып түседі, бұл құрылымның пайдалану сенімділігін төмендетеді.

3-кесте

Арматура пайыздылығы мен жүктеме деңгейінің қисықтыққа әсері

Арматура мөлшері, %	Жүктеме деңгейі, % Rb	Есептік қисықтық, 1/м	Нақты қисықтық (жарықтар мен ағымдылықты ескере отырып), 1/м	Айырмашылық, %
0,8	30	$0{,}75\cdot10^{-3}$	$1{,}10\cdot10^{-3}$	+46,7
1,0	30	$0{,}62\cdot10^{-3}$	$0{,}95\cdot10^{-3}$	+53,2
1,2	30	$0{,}55\cdot10^{-3}$	$0{,}85\cdot10^{-3}$	+54,5
0,8	50	$1{,}40\cdot10^{-3}$	$2{,}25\cdot10^{-3}$	+60,7
1,0	50	$1{,}10\cdot10^{-3}$	$1{,}90\cdot10^{-3}$	+72,7
1,2	50	$0{,}95\cdot10^{-3}$	$1{,}65\cdot10^{-3}$	+73,7
0,8	70	$2{,}20\cdot10^{-3}$	$3{,}80\cdot10^{-3}$	+72,7
1,0	70	$1{,}85\cdot10^{-3}$	$3{,}10\cdot10^{-3}$	+67,6
1,2	70	$1{,}55\cdot10^{-3}$	$2{,}65\cdot10^{-3}$	+71,0

Жарықтардың түзілуі конструкциялардың ұзақмерзімділігіне елеулі ықпал ететінін атап өткен жөн. Жарықтардың ашылуы құрылымның қаттылығын төмендетіп қана қоймай**,** сонымен қатар оның қызмет ету мерзімін қысқартады**:**

$$\omega_{cr} = \frac{\sigma_s \cdot \varphi \cdot l_0}{E_s \cdot \rho} \quad (6)$$

мұндағы: σ_s – арматурадағы кернеу; E_s – болаттың серпімділік модулі; l_0 – жабыстыру ұзындығы; ρ – арматура пайыздылығы [2].

Neville [2] зерттеулері көрсеткендей, егер жарықтың ашылу ені 0,3 мм-ден асса, онда арматураның коррозия жылдамдығы шамамен екі есе артады, бұл өз кезегінде құрылымның ұзақмерзімді беріктігін айтарлықтай төмендетеді.

Тәжірибелік зерттеу нәтижелерін арқалықтардың табиғи сынақтарымен [15] және fib Model Code 2010 [13] әдістемелік ұсынымдарымен салыстыру төмендегідей қорытындыларды көрсетті:

– сырғу мен шөгуді есепке алған жағдайда, есептік және тәжірибелік иілулердің айырмашылығы 12-15% шамасында болды;

– қалдық (пластикалық) деформацияларды ескермеу кезінде айырмашылық 20-25%-ға дейін артты;

– арматура пайыздылығының артуы (есептік және тәжірибелік деректер бойынша) иілу шамамен 18%-ға азайтты.

Осылайша, ұсынылған есептік модель нақты физикалық процестерді дәл бейнелейді және темірбетон құрылымдарының нақтыланған (жетілдірілген) есептерінде сенімді қолдануға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулер бетонның иілмелі деформацияларын, яғни сырғу**,** шөгу және пластикалық құрамдас бөліктерін есепке алудың темірбетон құрылымдарының есептік дәлдігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқаратынын көрсетті.

Аталған факторларды ескермеу қаттылықтың артық бағалануына**,** ал қисықтықтың (χ) төмен бағалануына алып келеді. Бұл өз кезегінде нормативтік прогибтердің артуына және құрылымның қызмет ету мерзімінің қысқаруына себеп болуы мүмкін.

Әдістемелердің салыстырмалы талдауы көрсеткендей:

– ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011 бойынша қолданылатын келтірілген модуль әдісі едәуір қателіктерге әкеледі;

– ал Eurocode 2 және әсіресе B3 моделі (Бажант–Бавей) тәжірибелік нәтижелермен жақсы сәйкестік көрсетеді.

Сондықтан практикалық жобалау кезінде деформациялардың уақыт бойынша эволюциясын және жарықтардың ашылуын ескеретін модельдерді пайдалану ұсынылады. Мұндай тәсіл конструкциялардың ұзақмерзімділігін және пайдалану жарамдылығын дәлірек болжауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, осы зерттеу нәтижелері ұлттық нормативтік құжаттарды жетілдіруде және құрылыс механикасы мен темірбетон құрылымдары пәндері бойынша білім беру тәжірибесінде қолдануға жарамды.

Әдебиеттер тізімі

1. ҚР ЕЖ EN 1992-1-1:2004/2011. Темірбетон конструкцияларды жобалау. 1-1 бөлімі. Жалпы ережелер және ғимараттарға арналған ережелер [Мәтін]. – 2025 ж. 25 тамыздың өзгертулерімен. – 258 б.
2. Neville, A.M. Properties of Concrete [Text]. – London: Pearson Education, 2015. – 846 p.
3. Герасимов, Н.Н. Деформации и трещинообразование в железобетонных элементах [Текст] / Н.Н. Герасимов, А.Б. Соколов // Строительные конструкции. – 2020. – № 4. – С. 21-30.
4. Shubaili M., Elawadi A., Orton S.L., Tian Y. Time-Dependent Behavior of RC Slab-Column Connections under High Sustained Loads // Structures. – 2024. – Vol. 61.
5. Eurocode 2. Design of Concrete Structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. – Brussels: CEN, 2019. – 225 p.
6. Bazant Z.P., Baweja S. Creep and Shrinkage Prediction Model for Analysis and Design of Concrete Structures: Model B3 – short form // Adam Neville Symposium: ACISP-194. – Michigan, 2000. – P. 85-100.
7. Крылов, В.А. Методы расчета железобетонных конструкций с учетом ползучести бетона [Текст] / В.А. Крылов // Вестник МГСУ. – 2021. – Т. 16. – № 3. – С. 44-55.
8. ГОСТ 34028-2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия [Текст]. – Введ. 2018-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 52 с.
9. НТП РК 01-01-3.1 (4.1)-2017. Нагрузки и воздействия на здания [Текст]. – С изменениями от 30.12.2021.
10. Яковлев, С.К. Расчет железобетонных конструкций по Еврокоду EN 1992. В 2 ч. Ч. 1. Изгибаемые и сжатые железобетонные элементы без предварительного напряжения. Определение снеговых, ветровых и крановых нагрузок. Сочетание воздействий [Текст] / С.К. Яковлев, Я.И. Мысляева. – М.: МГСУ, 2015. – 204 с.
11. Технический регламент. Требования к безопасности железобетонных, бетонных конструкций [Текст]: принят постановлением Правительства РК № 1198 от 22.12.2008.
12. ACI 318-19. Building Code Requirements for Structural Concrete. – Farmington Hills: American Concrete Institute, 2019. – 628 p.
13. fib Model Code for Concrete Structures 2010. – Lausanne: Fédération Internationale du Béton (fib), 2013. – 434 p.
14. Bazant Z.P., Jirásek M. Creep and Hygrothermal Effects in Concrete Structures. – Dordrecht: Springer, 2018. – 980 p.
15. Gilbert R.I., Ranzi G. Time-Dependent Behaviour of Concrete Structures. – London: CRC Press, 2010. – 443 p.
16. Eurocode 2. Design of Concrete Structures. EN 1992-1-1:2004. – Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2004. – 227 p.

Материал редакцияға 16.10.25 түсті, 08.12.25 қабылданды.

Ж.А. Усенкулов[1], Д.Ж. Артыкбаев[1], Ф.Х. Аубакирова[1], А.М. Будикова[2], А.Б. Курбанбаев[3]

[1]Южно-Казахстанский исследовательский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
[2]Кызылординский университет им.Қорқыт Ата, Кызылорда, Казахстан
[3]Кыргызкий государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызстан

К ВОПРОСУ УЧЕТА НЕУПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема учёта неупругих деформаций железобетонных конструкций при проектировании, которая влияет на надёжную эксплуатацию сооружений. Выполнен анализ существующих методов расчета, результатов экспериментальных испытаний призматических образцов и численного моделирования в программе ANSYS с учётом нормативных требований СП РК EN 1992-1-1:2004/2011, Eurocode 2, а также модели B3 Бажанта-Бавея. Установлено, что полная деформация бетона формируется за счёт упругой, ползучей, усадочной и остаточной составляющих. Экспериментальные данные показывают, что величина ползучих деформаций достигает ~700 με в течение первых пяти лет, тогда как усадка составляет порядка –300 με. Расчёты по модели B3 демонстрируют наименьшее расхождение с экспериментальными результатами (< 5%), а метод приведённого модуля существенно занижает величину деформаций на 30-35%. Сформулированы рекомендации по практическому применению современных расчётных моделей (Eurocode 2, B3) при проектировании, что позволит повысить точность определения прогибов и кривизны, а также обеспечит надёжность и долговечность конструкций.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, неупругие деформации, ползучесть бетона, усадка, трещинообразование, жёсткость, прогиб, долговечность конструкции.

Zh.A. Ussenkulov[1], D.Zh. Artykbaev[1], F.Kh. Aubakirova[1], A.M. Budikova[2], A.B. Kurbanbaev[3]

[1]M. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan
[3]Razzakov Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyzstan

ON THE ISSUE OF ACCOUNTING FOR INELASTIC DEFORMATIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abstract. The article considers the actual problem of taking into account inelastic deformations of reinforced concrete structures during design, which affects the reliable operation of structures. The analysis of existing calculation methods, the results of experimental tests of prismatic samples and numerical modeling in the ANSYS program, taking into account the regulatory requirements of the Joint Venture of the Republic of Kazakhstan, is carried out. 5.03-34-2005 , Eurocode 2, as well as the Bazhant-Bavea B3 models.It is established that the complete deformation of concrete is formed due to elastic, creeping, shrinkage and residual components. Experimental data show that creeping deformations reach ~700 με during the first five years, while shrinkage is on the order of -300 με. Calculations based on the B3 model show the smallest discrepancy with experimental results (< 5%), and the modulus method significantly underestimates the magnitude of deformations by 30-35%. Recommendations on the practical application of

modern calculation models (Eurocode 2, B3) in design are formulated, which will improve the accuracy of determining deflections and curvature, as well as ensure the reliability and durability of structures.

Keywords: reinforced concrete structures, inelastic deformations, creep of concrete, shrinkage, cracking, rigidity, durability of the structure.

References

1. QR Building Code EN 1992-1-1:2004/2011. Temirbeton konstruktsiyalardy zobalau. 1-1 bölimi. Jalpı erejeler jäne ǵimarattarga arnalǵan erejeler [Design of reinforced concrete structures. Part 1-1. General rules and rules for buildings]. – With amendments as of August 25, 2025. – 258 p. [in Kazakh].
2. Neville, A.M. Properties of Concrete [Text]. – London: Pearson Education, 2015. – 846 p.
3. Gerasimov, N.N., Sokolov A.B. Deformatsii i treshchinoobrazovanie v zhelezobetonnykh elementakh [Deformations and cracking in reinforced concrete elements] // Construction Structures. – 2020. – No. 4. – P. 21-30. [in Russian].
4. Shubaili M., Elawadi A., Orton S.L., Tian Y. Time-Dependent Behavior of RC Slab-Column Connections under High Sustained Loads // Structures. – 2024. – Vol. 61.
5. Eurocode 2. Design of Concrete Structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. – Brussels: CEN, 2019. – 225 p.
6. Bazant Z.P., Baweja S. Creep and Shrinkage Prediction Model for Analysis and Design of Concrete Structures: Model B3 – short form // Adam Neville Symposium: ACISP-194. – Michigan, 2000. – P. 85-100.
7. Krylov, V.A. Metody rascheta zhelezobetonnykh konstruktsiy s uchetom polzuchesti betona [Methods for Calculating Reinforced Concrete Structures Considering Concrete Creep] // Bulletin of MGSU. – 2021. – Vol. 16. – No. 3. – P. 44-55. [in Russian].
8. GOST 34028-2016. Prokat armaturnyi dlya zhelezobetonnykh konstruktsiy. Tekhnicheskie usloviya [Reinforcing Steel for Reinforced Concrete Structures. Technical Specifications]. – Introduced 2018-01-01. – Moscow: Standartinform, 2017. – 52 p. [in Russian].
9. NTP RK 01-01-3.1 (4.1)-2017. Nagruzki i vozdeistviya na zdaniya [Loads and Actions on Buildings]. – With amendments as of 30.12.2021. [in Russian].
10. Yakovlev, S.K., Myslyaeva, Ya.I. Raschet zhelezobetonnykh konstruktsiy po Evrokodu EN 1992. V 2 ch. Ch. 1. Izgibaemye i szhatye zhelezobetonnyye elementy bez predvaritel'nogo napryazheniya. Opredelenie snegovykh, vetrovykh i kranovykh nagruzok. Sochetanie vozdeistviy [Design of Reinforced Concrete Structures According to Eurocode EN 1992. In 2 Parts. Part 1. Bending and Compressed Reinforced Concrete Elements without Prestressing. Determination of Snow, Wind and Crane Loads. Combination of Actions]. – Moscow: MGSU, 2015. – 204 p. [in Russian].
11. Technical Regulation. Trebovaniya k bezopasnosti zhelezobetonnykh i betonnykh konstruktsii [Safety Requirements for Reinforced Concrete and Concrete Structures]: adopted by the Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 1198 dated 22.12.2008. [in Russian].
12. ACI 318-19. Building Code Requirements for Structural Concrete. – Farmington Hills: American Concrete Institute, 2019. – 628 p.
13. fib Model Code for Concrete Structures 2010. – Lausanne: Fédération Internationale du Béton (fib), 2013. – 434 p.
14. Bazant Z.P., Jirásek M. Creep and Hygrothermal Effects in Concrete Structures. – Dordrecht: Springer, 2018. – 980 p.
15. Gilbert R.I., Ranzi G. Time-Dependent Behaviour of Concrete Structures. – London: CRC Press, 2010. – 443 p.
16. Eurocode 2. Design of Concrete Structures. EN 1992-1-1:2004. – Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2004. – 227 p.

ҒТАМР 67.13.21

И.И. Бекбасаров[1] – *негізгі автор*, ©
Е.И. Атенов[2], Н.А. Шаншабаев[3]

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

ORCID [1]*https://orcid.org/0000-0003-3250-7853* [2]*https://orcid.org/0000-0002-2907-6610*
[3]*https://orcid.org/0000-0003-4930-0488*

[1,2,3]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті*,
Тараз, Қазақстан

[1]*ii.bekbasarov@dulaty.kz*

https://doi.org/10.55956/AAIY2161

РОСТВЕРК АСТЫНДАҒЫ ТРАНШЕЯЛАРДЫ ШТАМПТАУ КЕЗІНДЕ ҚАДАЛАР АРАСЫНДАҒЫ ТЫҒЫЗДАЛҒАН ТОПЫРАҚ АЙМАҒЫНЫҢ ӨЛШЕМДЕРІН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Ростверк астындағы траншеяны штамптау кезінде бір қатарлы қадалы іргетастар арасында пайда болатын тығыздалған топырақ аймақтарының өлшемдерін болжауға мүмкіндік беретін әдістер баяндалған. Шешімдер траншеяны штамптау және қатты материалды траншея түбіне штамптау кезінде тығыздалған аймақта топырақ массасын сақтау теңдеулерін қолдануға негізделген. Топырақтың тығыздалған аймағының ықтимал пішіндерінің және траншеяның төменгі бөлігіндегі тығыздалған кеңеюдің әртүрлі нұсқалары қарастырылған. Қадалар арасындағы тығыздалған топырақ аймағының қалыңдығы оның тығыздығының көрсеткіштерін, штампталатын траншеяның өлшемдерін және траншея түбіне штампталатын қатты материалдың көлемін ескере отырып айқындалған. Алынған формулалар негізінде салыстырмалы есептеулер жүргізілді, олардың нәтижелері өте қолайлы екені айқындалды. Тәжірибелік тексеруден кейін әдістерді инженерлік тәжірибеде қолдануға ұсынылады.

Тірек сөздер: қадалар арасындағы топырақ, қадалар, ростверк, штамптау, траншея, тығыздалған аймақ, қатты материал, кеңейту.

Бекбасаров, И.И. Ростверк астындағы траншеяларды штамптау кезінде қадалар арасындағы тығыздалған топырақ аймағының өлшемдерін анықтау әдістері [Мәтін] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенов, Н.А. Шаншабаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.181-194. https://doi.org/10.55956/AAIY2161

Кіріспе. Топырақты ауыр штамптармен беттік тығыздау кезінде, сондай-ақ топырақ массивінде қазанқазаншұңқырлар мен траншеяларды штамптау және тоқпақтау кезінде тығыздалған аймақ пайда болады [1,2]. Тығыздалған негіздерді жобалау үшін осы аймақтың топырақтарының мөлшері, физикалық және механикалық сипаттамалары қажет. Тығыздалған топырақ аймақтарының пішіндері мен өлшемдері әртүрлі болады және олар көптеген факторларға байланысты [3-7]:

– топырақтың түрі, жағдайы және қасиеттері;

– қазанқазаншұңқырлар мен траншеяларды дайындау үшін пайдаланылатын штамптардың (мөртабандардың) пішіні мен өлшемдері;

– тығыздағыштардың (штамптардың) энергетикалық параметрлері және олардың жұмыс режимдері.

Бұл факторлар қатты материалдарды (шағал, қиыршық тас, кірпіш сынығы және т.б.) тығыздамайтын (штамптамайтын) топырақты тығыздау процесіне тән. Тығыздалған аймақтың пішіні мен өлшемдеріне қатты материалдарды тығыздалатын (штамптайтын) топырақты тығыздау кезінде қатты материалдың түрі мен көлемі де көрсетіледі.

Іргетас салу саласында тығыздалған қазанқазаншұңқырлардың айналасында пайда болатын топырақтың тығыздалған аймақтарының мөлшерін анықтауға мүмкіндік беретін бірқатар тәсілдер қолданылады. Төменде осы тәсілдердің ерекшеліктеріне қысқаша талдау берілген.

Нормативтік-нұсқаулық құжаттарда [8-12] қазанқазаншұңқырды сығымдау кезінде пайда болатын тығыздалған топырақ аймағының пішіні мен мөлшерін құрылыс алаңында алдын-ала жүргізілген тәжірибелік жұмыстар негізінде анықтау ұсынылады. Әрине, бұл тәсіл сенімді нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді, бірақ бұл өте көп уақытты қажет ететін күрделі тәсіл. Тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері болмаған кезде Нұсқаулық [8] және құрылыс нормалары [12] эмпирикалық формуланы қолдануды ұсынады, ол бойынша тығыздалған топырақ аймағының диаметрі, тығыздалған қазанқазаншұңқырдың айналасында ортаңғы бөлігінде дайындалған қазанқазаншұңқырдың еніне пропорционалды түрде орнатылады. Бұл ретте пропорционалдылық коэффициентінің мәндері тығыздағыштың төменгі бөлігінің үшкірлену бұрышына байланысты 0,7-2,0 тең болып қабылданады. Бұл есептеу әдісімен дұрыс емес нәтижелер алынады, өйткені ол әдіс оның дәлдігіне әсер етуі мүмкін бірқатар факторларды ескермейді. Оларға мыналар жатады:

– тығыздалған қазанқазаншұңқырдың пішіні мен өлшемдері;

– қазанқазаншұңқырды тығыздағанға дейінгі және одан кейінгі топырақтың тығыздық-ылғалдылық жай-күйінің көрсеткіштері;

– тығыздағыштың үшкірлену бұрышына байланысты өзгеретін тығыздалған топырақ аймағының пішіні мен өлшемдері.

[13,14] жұмыстарда қазанқазаншұңқырдың айналасында тығыздалған топырақ аймағының диаметрін оның төменгі бөлігінде қатты материалды кеңейтусіз тығыздалған әдіс сипатталады. Бұл әдістің Нұсқаулықта [8] және құрылыс нормаларында [12] көрсетілген әдіске тән жоғарыда аталған кемшіліктері жоқ. Әдіс топырақтың және тығыздалған қазанқазаншұңқырдың келесі параметрлерін ескере отырып есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді:

– қазанқазаншұңқырдың көлемі (оның пішіні мен мөлшеріне байланысты);

– қазанқазаншұңқырды нығыздау кезінде тығыздалған аймаққа ауысатын топырақ массасының үлесін анықтайтын коэффициент;

– қазанқазаншұңқырдың бүйір беттерінің тығыздалған аймақтың шекаралық бетімен қиылысу деңгейінде орналасқан көлденең сызықтан төмен, қазанқазаншұңқырдың көлемі;

– тығыздалған аймақтың шекаралық бетімен қазанқазаншұңқырдың бүйір беттерінің қиылысу деңгейінде орналасқан көлденең сызықпен кесілетін шар сегментінің көлемі;

– қазанқазаншұңқыр түбінен төмен тығыздалған топырақ аймағының қалыңдығы.

Әдісті әзірлеу кезінде топырақтың тығыздалған аймағының пішіні қиылған эллипсоид түрінде қабылданады. Бұл әдіс жалпақ табанмен және төменгі ұшының 45-120 градус нүктелік бұрыштарымен жүзеге асырылатын топырақты тығыздау процесіне қолданылады.

Нормативтік-нұсқаулық құжаттарда [8-12] қазанқазаншұңқырды оның түбіне қатты материалмен тығыздалған кезде пайда болатын тығыздалған топырақ аймағының пішіні мен мөлшерін құрылыс алаңында алдын-ала жүргізілген тәжірибелік жұмыстар негізінде анықтау ұсынылады. Тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері болмаған жағдайда, құрылыс нормалары [12,15] келесі топырақ және қатты материалмен кеңейтімдер параметрлерін ескеретін әдісті қолдануды ұсынады:

– қазанқазаншұңқырдың түбінен төмен кеңею радиусы;

– тығыздалған аймақ шегінде құрғақ күйдегі топырақ тығыздығының орташа шамасы;

– қазанқазаншұңқыр тығыздалғанға дейін құрғақ күйдегі топырақ тығыздығының орташа мөлшері;

– кеңейту нысанына байланысты қабылданатын коэффициент;

– қазанқазаншұңқырдың түбіне бекітілген қатты материалдың көлемі.

Әдістің бірқатар кемшіліктері бар, олар келесі факторларды ескермейді:

– тығыздалған қазанқазаншұңқырдың мөлшері, пішіні және көлемі;

– топырақтың тығыздалған аймағының өлшемі мен пішіні.

– [14,16] жұмыстарда келесі жайттарға мүмкіндік беретін әдіс сипатталған:

– төменгі бөлігінде қатты материалдан жасалған кеңейту құрылғысымен тығыздалған қазанқазаншұңқырдың айналасындағы топырақтың тығыздалған аймағының диаметрі;

– қатты материалдан жасалған кеңейту радиусы.

Бұл әдістің құрылыс нормаларында [12,15] көрсетілген әдіске тән жоғарыда аталған кемшіліктері жоқ және келесі топырақ параметрлерін, қазанқазаншұңқырды және қатты материалды кеңейтуді ескере отырып есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді:

– қазанқазаншұңқырдың тереңдігі мен ені (диаметрі);

– қазанқазаншұңқырдың төменгі бөлігінің биіктігі;

– қазанқазаншұңқырдың көлемі және кеңейту көлемі;

– қазанқазаншұңқыр қабырғаларының тігінен көлбеу бұрыштары.

Көріп отырғанымыздай, топырақтың тығыздалған аймақтарының өлшемін анықтаудың қарастырылған әдістері қазанқазаншұңқырларда іргетастар дайындауда қолданылады. Сонымен қатар, олар қазанқазаншұңқырлар топырақ кеңістігінде тығыздалған кезде топырақтың қозғалуына кедергілермен шектелмеген жағдайларда қолайлы. Сондықтан, қолданыстағы әдістерді таспалы қадалар іргетасының қадалары арасындағы қалыңдықтың жоғарғы бөлігінде орналасқан топырақ тығыздалған жағдайда қолдануға болмайды. Аралық топырақты тығыздау қадалар астындағы траншеяларды нығыздау арқылы жүзеге асырылады. Монолитті ростверк орнатудың мұндай тәсілі ростверктің жүк көтергіштігін және тұтастай алғанда таспалы қадалы іргетастың жүк көтергіштігін арттыруға мүмкіндік береді. Қадалар арасындағы топырақ тар жағдайда болатынын және ондағы

траншея қадалар қағу арқылы штампталатынын ескере отырып, бұл жағдайда топырақтың тығыздалған аймағының өлшемін анықтау әдістерін әзірлеу өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Қазаншұңқырды тығыздап қалыптау процесінің соққылы әдіспен траншеяны штамптау процесіне ұқсастығын ескере отырып, әдістердің теориялық шешімдерін шығару үшін Бекбасаров И.И. ұсынған және қазаншұңқырларды тығыздап қалыптау процесіне, қатты материалдан жасалған кеңейтілім қолданбай да, қолдана отырып та, іске асырған топырақ массасының сақталу принципі пайдаланылды [14].

Аралық топырақ орналасқан тар жағдайлар оның деформациясы мен қозғалысына траншеяны штамптау және қатты материалдың түбіне нығыздау кезінде әсер етеді. Сондықтан, бойлық бағытта тығыздалған топырақ аймақтарының өлшемдері қадалар арасындағы қашықтықпен шектелетіні ескерілді. Осыған сүйене отырып, қадалар арасындағы топырақтың тығыздалған аймағының пішіні мен траншея астындағы кеңею пішіні қазаншұңқырды нығыздап, оның түбіне қатты материалды батырған кездегіден ерекшеленеді. Төменде келесі екі әдістің негізгі ережелері келтірілген:

– траншеяның айналасында қалыптасатын қада арасындағы топырақтың тығыздалған аймағының өлшемін анықтау әдісі (бірінші әдіс);

– траншеяның айналасында қалыптасатын, оны штамптау және оның түбіне қатты материалды нығыздау кезінде тығыздалған топырақ аймағының мөлшерін анықтау әдісі (екінші әдіс).

Зерттеу нәтижелері. Бірінші әдіс. [13,14] жұмыстарда көрсетілген массаны сақтау принципіне сүйене отырып траншеяны қадааралық кеңістікте штамптау шарты үшін бастапқы (1) теңдеуін жазайық:

$$m_{gu} = \alpha m_g, \tag{1}$$

мұндағы: m_{gu} – траншея штампталғаннан кейін тығыздалған аймақ шегіндегі топырақ массасы; m_g – траншея штампталғанға дейін тығыздалған аймақтың сыртқы шекараларымен шектелген массивтегі топырақ массасы; α – траншея штампталған кезде тығыздалған аймаққа ауысатын топырақ массасының m_g үлесін анықтайтын коэффициент.

Топырақ массасын көлем мен тығыздық арқылы ұсына отырып (1) теңдеуді келесі түрде жазуға болады:

$$V_u\rho' = (\alpha V_u' - V_t)\rho' = \alpha V_u'\rho, \tag{2}$$

мұндағы: V_u' – траншея штампталғанға дейін тығыздалған аймақтың сыртқы шекараларымен шектелген массив шегіндегі топырақ көлемі; V_t – штампталатын траншеяның көлемі; ρ' – тығыздалған аймақтағы топырақ тығыздығының орташа шамасы; ρ – траншея штампталғанға дейін топырақ тығыздығының орташа шамасы.

$\alpha V_u'$ және V_t параметрлері арасындағы айырмашылықты білдіретін тығыздалған топырақ аймағының көлемін V_u (2) теңдеуден анықтауға болады

$$V_u = \alpha V_u'\rho/\rho', \tag{3}$$

1 және 2-суреттерден қадааралық топырақтың тығыздалған аймағы күрделі көрініске ие екенін көруге болады. Шартты түрде топырақтың тығыздалған аймағының көлемін анықтаудың екі нұсқасын қарастыруға болады.

Бірінші нұсқа бойынша, V_u топырақтың тығыздалған аймағының көлемі келесі өрнек түрінде анықталады:

$$V_u = (V_p - V_t) + V_{сэр}, \quad (4)$$

мұндағы: V_p – L_u, B_u және h_t өлшемдері бар призманың көлемі; L_u – тығыздалған аймақтың ұзындығы; B_u – тығыздалған аймақтың ені; h_t – траншеяның тереңдігі; V_t – штампталған траншеяның көлемі; $V_{сэр}$ – эллиптикалық параболоидтың келесі өлшемдері бар сегментінің көлемі: ұзын жартылай осьтің өлшемі – $L_u/2$; қысқа жартылай осьтің өлшемі – $B_u/2$; траншея түбінен төмен тығыздалған аймақтың қалыңдығына тең сегменттің биіктігі – h_u.

(4) формуладан топырақтың тығыздалған аймағы сыртқы контур бойымен жоғарғы бөлігінде призма пішініне, ал төменгі бөлігінде эллиптикалық параболоид сегментінің пішініне жақын екендігі шығады. Біздің ойымызша, қадалар арасындағы топырақтың тығыздалған аймағының мұндай құрама пішіні қадалар арасындағы қысқа қашықтықтағы оның нақты пішініне жақын. Бұл қадалар арасындағы қысқа қашықтықта, қадалар маңындағы топырақтың тығыздалған аймақтарының әсерінен, төмендегі қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының пішіні дөңес және бойлық бағытта қысылатындығымен түсіндіріледі. Қадаралық топырақтың тығыздалған аймағының бұл пішінінің көрінісі қадалар арасындағы қысқа қашықтықта траншеяны штамптау ұзындығы бойынша шағын өлшемді штамппен жүзеге асырылатындығына ықпал етеді.

(4) формулада V_p призмасының көлемін (5) формула бойынша, эллиптикалық параболоид сегментінің көлемін $V_{сэр}$ (6) формула бойынша, ал траншея көлемін (7) формула бойынша анықтауға болады.

$$V_p = L_u B_u h_t, \quad (5)$$

$$V_{сэр} = k_c \pi\, L_u B_u h_u, \quad (6)$$

$$V_t = h_t\{[B_t L_t + B'_t L'_t] + [(B_t L_t) \times (B'_t L'_t)]^{0,5}\}/3, \quad (7)$$

мұндағы: k_c – 1/8-ге тең коэффициент; L'_t – траншеяның үстіңгі ұзындығы; L_t – траншеяның төменгі ұзындығы; B'_t – траншеяның үстіңгі ені; B_t – траншеяның төменгі ені; δ_b – үстіндегі траншеяның енінен B'_t тығыздалған аймақ енінің B_u асып кету коэффициенті.

(5) және (6) формулаларда топырақтың тығыздалған аймағының өлшемдерін L_u және B_u мынадай түрде шамамен қабылдауға болады:

$$L_u = 0{,}5(L'_t + L_t), \quad (8)$$

$$B_u = B'_t \delta_b, \quad (9)$$

(8) және (9) формулаларын ескере отырып, (5) және (6) формулаларын келесі түрде қайта жазуға болады:

$$V_p = 0{,}5(L'_t + L_t)B'_t\delta_b h_t, \quad (10)$$

$$V_{сэр} = k'_c\pi(L'_t + L_t)B'_t\delta_b h_u \quad (11)$$

мұндағы: k'_c – 1/4-ге тең коэффициент.

(3) және (4) формулалардың оң жақтарын теңестіре отырып, қорытынды теңдікті (12) аламыз, ал одан (13) және (14) өрнектерін алуға болады.

$$\alpha V'_u\rho/\rho' = (V_p - V_t) + V_{сэр}, \quad (12)$$

$$\alpha(V_p + V_{сэр})\rho/\rho' = (V_p - V_t) + V_{сэр}, \quad (13)$$

$$V_{сэр} = (V_p a + \rho' V_t)/c\,, \quad (14)$$

$$a = (\alpha\rho - \rho')\,, \quad (15)$$

$$c = (\rho' - \alpha\rho), \quad (16)$$

(11) және (14) формулалардың оң жақтарын теңестіре отырып, қорытынды теңдікті аламыз, ал одан траншея түбінен төмен тығыздалған топырақ аймағының қалыңдығын анықтау формуласын келесі түрде алуға болады:

$$h_u = (V_p a + \rho' V_t)/[k'_c\pi c\,(L'_t + L_t)B'_t\delta_b], \quad (17)$$

(17) формула (3÷4)d қадалар арасындағы қашықтықтарда қолдануға ұсынылады (мұндағы: d – қаданың көлденең қимасының өлшемі).

Екінші нұсқада аралық топырақтың тығыздалған аймағының көлемі V_u келесі өрнек түрінде ұсынылады

$$V_u = \left(V_p - V_t\right) + V'_p, \quad (18)$$

мұндағы: V'_p – өлшемдері L_u, B_u және h_u болатын призманың көлемі.

(18) формуладан сыртқы контурдың жоғарғы бөлігіндегі тығыздалған топырақ аймағы үлкен призманың пішініне (бірінші нұсқадағыдай), ал төменгі бөлігінде L_u, B_u және h_u өлшемдері бар шағын призманың пішініне жақын екендігі шығады.

Біздің ойымызша, аралық топырақтың тығыздалған аймағының бұл пішіні қадалар арасындағы үлкен қашықтықта оның нақты пішініне жақын. Бұл болжам қадалар арасындағы үлкен қашықтық кезінде қадалар маңындағы топырақтың тығыздалған аймақтарының әсерінен төмендегі қадалар аралық топырақтың тығыздалған аймағының пішіні жайпақ әрі созылыңқы келеді. Қадаралық топырақтың тығыздалған аймағының ұқсас пішінінің көрінісі қадалар арасындағы үлкен қашықтықта траншеяны штамптау ұзындығы үлкен мөртабанмен жүзеге асырылатындығына ықпал етеді.

(18) формулада призмасының көлемін V_p (5) формула бойынша, траншея көлемін (7) формула бойынша, ал призмасының көлемін V_p' (19) формула бойынша анықтауға болады.

$$V_p' = k_p(L_t' + L_t)B_t'\delta_b h_u\,, \tag{19}$$

мұндағы: k_p – 0,75 тең коэффициент.

(3) және (18) формулалардың оң жақтарын теңестіріп, (19) формуланы ескере отырып, траншея түбінен төмен h_u топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын анықтау үшін (20) формуласын алуға болатын қорытынды теңдікті аламыз.

$$h_u = (V_p a + \rho' V_t)/[k_p c\,(L_t' + L_t)B_t'\delta_b], \tag{20}$$

(20) формуласы (5÷6)d және одан көп қадалар арасындағы арақашықтықта қолдануға ұсынылады (мұндағы: d – қаданың көлденең қимасының өлшемі).

Екінші әдіс. [13,14] жұмыстарда ұсынылған массаны сақтау принципіне сүйеніп, траншеяның түбіне қатты материалды нығыздай отырып, қадааралық топырақ кеңістігінде траншеяны штамптау шарты үшін бастапқы теңдеуді (21) жазайық:

$$m_{gu} + m_{um} = \alpha m_g + m_{cr}, \tag{21}$$

мұндағы: m_{gu} – траншеяны штамптағаннан және оның түбіне қатты материалды нығыздағаннан кейін тығыздалған аймақ шегіндегі топырақ массасы; m_{um} – кеңейту материалының массасы; m_g – траншея штампталғанға дейін тығыздалған аймақтың сыртқы шекараларымен шектелген массивтегі топырақ массасы; α – траншеялар штамптау кезінде тығыздалған аймаққа ауысатын m_g топырақ массасының үлесін анықтайтын коэффициент; m_{cr} – траншеяның түбіне штампталған қатты материалдың массасы.

(21) теңдеуді шешу үшін кеңейту материалының массасын m_{um} келесі формула бойынша орнатуға болатындығын ескереміз:

$$m_{um} = m_g' + m_{cr} = \beta m_g + m_{cr}\,, \tag{22}$$

мұндағы: m_g' – кеңейту материалының құрамындағы топырақ массасы; β – қатты материалмен кеңейтілімге түсетін топырақ массасының үлесін m_g анықтайтын коэффициент (қатты материалды траншеяның түбіне штамптау кезінде).

Массаны көлем мен тығыздық арқылы білдіре отырып, (21) теңдіктен (22) формуланы ескере отырып, (23) өрнек түрінде тығыздалған аймақтың көлемін анықтау формуласын алуға болады.

$$V_u = \frac{(\alpha-\beta)V_u'\rho}{\rho'} = bV_u'\,, \tag{23}$$

$$\frac{(\alpha-\beta)\rho}{\rho'} = b\,, \tag{24}$$

мұндағы: ρ – траншеяны штамптағанға және қатты материалды түбіне нығыздағанға дейінгі топырақ тығыздығының орташа шамасы; ρ' – траншеяны штамптағаннан және қатты материалды түбіне нығыздағаннан кейінгі топырақ тығыздығының орташа шамасы.

Траншея түбіне қатты материалды штамптау кезінде топырақтың тығыздалған аймағының пішіні мен өлшемдері өзгереді деп есептейік. Бірінші әдісті әзірлеу сияқты, топырақтың тығыздалған аймағының пішінін өзгертудің де екі нұсқасын қарастырамыз.

3 және 4-суреттерден қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының пішіні күрделі көрініске ие екенін көруге болады. Шартты түрде қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының көлемін анықтаудың екі нұсқасын қарастыруға болады.

Бірінші нұсқа бойынша, тығыздалған аймағының көлемі V_u келесі өрнек ретінде анықталған кезде:

$$V_u = (V_p - V_t) + (V_{сэр} - V'_{сэр}), \quad (25)$$

мұндағы: $V'_{сэр}$ – эллиптикалық параболоидтың келесі өлшемдері бар сегментінің көлемі: ұзын жартылай осьтің өлшемі – $L_t/2$; қысқа жартылай осьтің өлшемі – $B_t/2$; траншея түбінен төмен кеңею қалыңдығына тең сегмент биіктігі – h'_u.

(25) формуладан топырақтың тығыздалған аймағы жоғарғы бөлігінде сыртқы контур бойымен призма пішініне, ал төменгі бөлігінде сыртқы контур бойымен эллиптикалық параболоид сегментінің пішініне жақын екендігі шығады. Бұл жағдайда қатты материалдың кеңею пішіні мөлшері аз төменгі бөліктегі тығыздалған топырақ аймағының пішініне сәйкес келеді.

(25) формулада призмасының көлемін V_p (5) формула бойынша, эллиптикалық параболоид сегментінің көлемін $V_{сэр}$ (6) формула бойынша, траншея көлемін (7) формула бойынша, ал эллиптикалық параболоид сегментінің көлемін $V'_{сэр}$ ($V_{ит}$ кеңею көлеміне тең) (26) формула бойынша анықтауға болады.

$$V'_{сэр} = k_c\, \pi L_t B_t h'_u, \quad (26)$$

(23) және (25) формулалардың оң жақтарын теңестіре отырып, (28) және (29) өрнектер түрінде ұсынылатын қорытынды теңдікті (27) аламыз.

$$bV'_u = (V_p - V_t) + (V_{сэр} - V'_{сэр}), \quad (27)$$

$$b(V_p + V_{сэр}) = (V_p - V_t) + (V_{сэр} - V'_{сэр}), \quad (28)$$

$$V_{сэр} = [(V_p(1 - b) - (V_t + V'_{сэр})]/(b - 1), \quad (29)$$

(11) формуласын ескеріп, сондай-ақ $V'_{сэр}$ көлемі траншеясының түбіне мөр басылған қатты материалдың көлеміне V_{cr} тең екенін ескере отырып, (29) өрнектен тығыздалған топырақ аймағының қалыңдығын h_u траншея түбінен төмен анықтау арқылы (30) формуланы алуға болады.

$$h_u = \{\frac{[(V_p(1-b)-(V_t+V_{cr})]}{(b-1)}\} /[k_c'' \pi(L_t' + L_t)B_t' \delta_b] , \quad (30)$$

мұндағы: k_c'' – 1/16 тең коэффициент.

$V_{cэр}'$ көлемі V_{cr} көлеміне тең екенін ескере отырып (26) өрнегінен кеңею қалыңдығын h_u' анықтау формуласын келесі түрде алуға болады:

$$h_u' = V_{cr}/k_c \pi L_t B_t, \quad (31)$$

Екінші нұсқа бойынша қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының көлемі V_u келесі өрнек түрінде ұсынылады:

$$V_u = \left(V_p - V_t\right) + (V_p' - V_{\text{рц}}), \quad (32)$$

мұндағы: $V_{p\text{ц}}$ – ұзындығы L_t және жартылай эллипс түрінде көлденең қимасы бар келесі өлшемдері бар жартылай цилиндрдің көлемі: қысқа жартылай осьтің өлшемі – $B_t/2$; траншея түбінен төмен кеңейту қалыңдығына тең ұзын жартылай осьтің өлшемі – h_u'.

(32) теңдіктен топырақтың жоғарғы бөлігінде де, төменгі бөлігінде де сыртқы контур бойымен тығыздалған аймағы призма пішініне жақын екендігі шығады. Бұл жағдайда қатты материалдың кеңею пішіні төменгі бөліктегі топырақтың тығыздалған аймағынан ерекшеленеді және эллипсоидты жартылай цилиндр түрінде қабылданады.

Жартылай цилиндрінің көлемі $V_{p\text{ц}}$ (32) теңдікте келесі формула бойынша белгіленеді:

$$V_{\text{рц}} = k_p' \pi B_t h_u' L_t, \quad (33)$$

мұндағы: k_p' – 1/4 тең коэффициент.

(23) және (32) формулалардың оң жақтарын теңестіре отырып, (35) және (36) өрнектер түрінде ұсынылатын қорытынды теңдікті (34) аламыз.

$$bV_u' = \left(V_p - V_t\right) + (V_p' - V_{\text{рц}}) , \quad (34)$$

$$b\left(V_p + V_p'\right) = \left(V_p - V_t\right) + (V_p' + V_{\text{рц}}), \quad (35)$$

$$V_p' = [(V_p\left(b-1\right) - (V_t + V_{\text{рц}})]/(1-b), \quad (36)$$

(18) формуланы ескере отырып, сондай-ақ $V_{\text{рц}}$ көлемі траншеяның түбіне нығыздалған қатты материалдың көлеміне V_{cr} тең екенін ескере отырып, (36) өрнектен топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын h_u траншея түбінен төмен анықтау арқылы (37) формуланы алуға болады.

$$h_u = \{\frac{[(V_p(b-1)-(V_t+V_{cr})]}{(1-b)}\} /[k_p'(L_t' + L_t)B_t' \delta_b], \quad (37)$$

$V_{\text{рц}}$ көлемі V_{cr} көлеміне тең екенін ескере отырып, (33) өрнегінен кеңейтілім қалыңдығын h_u' анықтау формуласын келесі түрде алуға болады:

$$h_u' = V_{cr}/k_p' \pi B_t L_t, \quad (38)$$

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Алынған формулалар негізінде олардың нәтижелерінің жақындығын (ұқсастығын) тексеру мақсатында салыстырмалы есептеулер жүргізілді.

Есептеулер үшін бастапқы деректер 1-кестеде келтірілген.

α, β және δ_b коэффициенттерінің мәндері сәйкесінше 0,9, 0,1 және 1,2-ге тең қабылданады. (3) және (23) формулалардағы қадааралық (сазды) топырақтың тығыздық күйінің параметрлері келесідей қабылданады:

– тығыздығы ρ = 1,56 т/м^3;

– тығыздығы ρ' = 1,75 т/м^3.

Кесте 1

Есептеулерге арналған бастапқы деректер

Параметрлер	Параметрлердің мәндері, см, есептелген мысалдар үшін			
	№1	№2	№1	№2
h_t	40	60	40	60
B_t	50	50	50	50
L_t	60	60	150	150
B'_t	60	60	60	60
L'_t	70	70	160	160

Қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын анықтау бойынша есептеулердің нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

(17), (20), (30) және (37) формулалар бойынша есептеулер нәтижелері

Формула	Тығыздалған аумақ қалыңдығы, м	
	№1	№2
(17) формула	0,74	1,09
(20) формула	0,77	1,15
(30) формула	0,65	0,74
(37) формула	0,51	0,58

2-кестеден (17) және (20) формулалар бойынша алынған нәтижелер арасындағы айырмашылық 4,05-5,5% құрайды, бұл деректер қарастырылып отырған формулалардың өзара қолайлы екенін көрсетеді. (30) және (37) формулалар бойынша алынған нәтижелер арасындағы айырмашылық 27,45-27,58% құрайды. Салыстырылған есептеу нәтижелерінің айтарлықтай айырмашылығын ескере отырып, бұл формулаларды түзету қажет екенін атап өткен жөн. Бұл процедура тиісті эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін қолдана отырып формулаларды тексеру кезінде орындалуы мүмкін.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері негізінде келесі негізгі тұжырымдарды жасауға болады:

– (17) және (20) формулалар траншеяны штамптау кезінде қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын анықтауға мүмкіндік береді;

– (30) және (37) формулалар траншеяны штамптау және оның түбіне қатты материалды нығыздау кезінде қадааралық топырақтың тығыздалған аймағының қалыңдығын анықтауға мүмкіндік береді;

– (17) және (30) формулалар (3÷4)d, (20) және (37) формулалары (5÷6)d және одан да көп қадалар арасындағы қашықтықтары бар бір қатарлы қадалардың іргетастарын орнату кезінде қолайлы;

– (31) және (38) формулалар траншеяның түбіне нығыздалған кезде қатты материалдан пайда болатын тығыздалған кеңеюдің қалыңдығын анықтауға мүмкіндік береді;

– ұсынылған формулалар топырақ массасын сақтау теңдеулері негізінде алынады және қадааралық топырақтың тығыздалған аймақтарының өлшемдеріне инженерлік болжам жасауға мүмкіндік беретін екі әдістің негізін құрайды;

– ұсынылған формулалар мен олардың құрамына кіретін α, β және δ_b коэффициенттері тиісті эксперименттік зерттеулердің нәтижелері негізінде нақтылануы керек.

Әдебиеттер тізімі

1. Крутов В.И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах [Текст] / В.И. Крутов. – Киев: Будівельник, 1982. – 224 с.
2. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения [Текст]. – Москва: Стройиздат, 1985. – 479 с.
3. Джумаев К.М. Определение оптимальных расстояний при вытрамбовывании прерывистых ленточных фундаментов [Текст] / К.М. Джумаев // Сборник научных трудов СибЗНИИЭП Госгражданстроя / Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания. – Новосибирск, 1976. – №14. – С. 36-42.
4. Власов Ю.В. Распределение послойных перемещений неоднородного грунта под жестким штампом в вытрамбованном котловане [Текст] / Ю.В. Власов // Сборник научных трудов СибЗНИИЭП Госгражданстроя / Возведение фундаментов на просадочных грунтах Сибири методом вытрамбовывания. – Новосибирск, 1976. – №14. – С. 5-14.
5. Шилибеков С.К. Результаты исследований процесса вытрамбовывания котлованов различных форм под фундаменты [Текст] / С.К. Шилибеков, И.И. Бекбасаров, Б.Б. Джанузаков // Межвузовский сборник трудов / Основания и фундаменты в геологических условиях Урала. – Пермь, 1986. – С. 61-67.
6. Бекбасаров И.И. Об определении оптимальных величин угла заострения трамбовки на крупномасштабных моделях [Текст] / И.И. Бекбасаров // Сборник научных трудов ППС ТарГУ им. М.Х. Дулати. – Тараз, 1998. – Выпуск 1. – С. 377-379.
7. Бекбасаров И.И. Оптимальные формы и размеры фундаментов (в вытрамбованных котлованах) зданий и сооружений [Текст] / И.И. Бекбасаров // Вестник науки АГУ им. С. Сейфулина. – Астана, 2002. – №3. – С. 223-226.
8. Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах. – Москва: Стройиздат, 1981. – 56 с.
9. ВСН 48-88. Обязательные технологии устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах [Текст]. – Алма-Ата: НПО «Союзспецфундаменттяжстрой», 1988. – 53 с.
10. РСН КазССР 57-90. Проектирование и устройство фундаментов в вытрамбованных котлованах для сейсмостойких зданий [Текст]. – Алма-Ата: КазЦНТИС Госстроя КазССР, 1990. – 29 с.
11. РСН 40-85. Фундаменты в вытрамбованных котлованах и в пробитых скважинах [Текст]. – Кишинев: Госстрой Молдавской ССР, 1985. – 42 с.
12. СН РК 5.01-06-2002. Фундаменты в вытрамбованных котлованах. Расчет и проектирование [Текст]. – Астана: Проектная академия «KAZGOR», 2003. – 17 с.
13. Бекбасаров И.И. Определение диаметра уплотненной зоны грунта, формирующейся вокруг вытрамбовываемого котлована неглубокого заложения [Текст] / И.И. Бекбасаров // Тр. КарГТУ. – Караганда, 2004. – №4 (17). – С. 85-88.

14. Бекбасаров И.И. Основы рационального вытрабовывания котлованов под фундаменты [Текст]: монография / И.И. Бекбасаров. – Тараз: Издательство «Тараз университеті» 2011.- 155 с.
15. ВСН 67-257-87. Руководство по устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах с использованием навесного оборудования УВ-1, УВК-40А, ОВК-100 [Текст]. – Уфа: Уфимский НИИпромстрой, 1987. – 66 с.
16. Бекбасаров И.И. Об определении диаметра уплотненной зоны, формирующейся в грунте вокруг фундамента с уширенным основанием [Текст] / И.И. Бекбасаров, Б.А. Алимбаев // Материалы Международной научно-практической конференции по проблемам водного хозяйства. – Тараз, 2006. – С. 251-255.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған AP26197175 «Штампталған траншеяларда ростверктері бар таспалы қадалы іргетастар орнату жұмыстарын жүргізу технологиясын әзірлеу» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 17.12.25 түсті, 25.12.25 қабылданды.

И.И. Бекбасаров[1], Е.И. Атенов[1], Н.А. Шаншабаев[1]

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

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ УПЛОТНЕННОЙ ЗОНЫ ГРУНТА МЕЖСВАЙНОГО ПРОСТРАНСТВА ПРИ ВЫШТАМПОВЫВАНИИ В НЕМ ТРАНШЕИ ПОД РОСТВЕРК

Аннотация. Изложены методы, позволяющие производить прогноз размеров уплотненных зон грунта, формирующихся в межсвайном пространстве однорядного свайного фундамента при выштамповывании в нем траншеи под ростверк. Решения базируются на использование уравнений сохранения массы грунта в уплотненной зоне при выштамповывании в нем траншеи и вштамповывании в дно траншеи жесткого материала. Рассмотрены разные варианты возможных форм уплотненной зоны грунта и уплотненного уширения в нижней части траншеи. Толщина уплотненной зоны межсвайного грунта определяется с учетом показателей его плотности, размеров выштамповываемой траншеи и объема жесткого материала, вштамповываемого в дно траншеи. На основе полученных формул проведены сравнительные расчеты, которые показали, что их результаты достаточно приемлемы. Методы рекомендуются к использованию в инженерной практике после их экспериментальной проверки.

Ключевые слова: межсвайный грунт, свая, ростверк, выштамповывание, вштамповывание, траншея, уплотненная зона, жесткий материал, уширение.

I.I. Bekbasarov[1], Y.I. Atenov[1], N.A. Shanshabaev[1]

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

METHODS FOR DETERMINING THE SIZE OF THE COMPACTED SOIL ZONE OF THE INTER-PILE SPACE WHEN STAMPING A TRENCH IN IT UNDER THE GRILLAGE

Abstract. Methods are described that make it possible to predict the size of compacted soil zones formed in the inter-pile space of a single-row pile foundation when a trench is stamped into it under a grillage. The solutions are based on the use of equations for the conservation of soil mass in a compacted area when a trench is stamped into it and a rigid material is stamped into the bottom of the trench. Different variants of

possible forms of a compacted soil zone and a compacted expansion in the lower part of the trench are considered. The thickness of the compacted zone of the inter-pile soil is determined taking into account its density, the size of the stamped trench and the volume of rigid material stamped into the bottom of the trench. Based on the formulas obtained, comparative calculations were carried out, which showed that their results are quite acceptable. The methods are recommended for use in engineering practice after their experimental verification.

Keywords: inter-pile soil, pile, grillage, stamping, punching, trench, compacted area, rigid material, broadening.

References

1. Krutov V.I. Osnovaniya i fundamenty na prosadochnykh gruntakh [Foundations and foundations on subsidence soils]. – Kiev: Budivelnik, 1982. – 224 p. [in Russian].
2. Spravochnik proyektirovshchika. Osnovaniya, fundamenty i podzemnyye sooruzheniya [The designer's Handbook. Foundations, foundations, and underground structures]. – Moscow: Stroyizdat, 1985. 479 p. [in Russian].
3. Dzhumaev K.M. Opredeleniye optimal'nykh rasstoyaniy pri vytrambovyvanii preryvistykh lentochnykh fundamentov [Determination of optimal distances when ramming intermittent ribbon foundations] // Sbornik nauchnykh trudov SibZNIIEP Gosgrazhdanstroya / Vozvedeniye fundamentov na prosadochnykh gruntakh Sibiri metodom vytrambovyvaniya [Collection of scientific papers of SIBZNIEP Gosgrazhdanstroy / Building foundations on subsident soils of Siberia by ramming]. – Novosibirsk, 1976. – No. 14. – P. 36-42. [in Russian].
4. Vlasov Yu.V. Raspredeleniye posloynykh peremeshcheniy neodnorodnogo grunta pod zhestkim shtampom v vytrambovannom kotlovane [Distribution of layered displacements of heterogeneous soil under a rigid stamp in a rammed excavation] // Sbornik nauchnykh trudov SibZNIIEP Gosgrazhdanstroya / Vozvedeniye fundamentov na prosadochnykh gruntakh Sibiri metodom vytrambovyvaniya [Collection of scientific papers of SIBZNIEP Gosgrazhdanstroy / Building foundations on subsident soils of Siberia by ramming]. – Novosibirsk, 1976. – No. 14. – P. 5-14. [in Russian].
5. Shilibekov S.K., Bekbasarov I.I., Dzhanuzakov B.B. Rezul'taty issledovaniy protsessa vytrambovyvaniya kotlovanov razlichnykh form pod fundamenty [Results of studies of the process of tamping pits of various shapes for foundations] // Mezhvuzovskiy sbornik trudov / Osnovaniya i fundamenty v geologicheskikh usloviyakh Urala [Interuniversity collection of works / Foundations and foundations in the geological conditions of the Urals]. – Perm, 1986. – P. 61-67. [in Russian].
6. Bekbasarov I.I. Ob opredelenii optimal'nykh velichin ugla zaostreniya trambovki na krupnomasshtabnykh modelyakh [On determining the optimal values of the ramming angle on large-scale models] // Collection of scientific papers of the Faculty of TarSU named after M.H. Dulati. Taraz, 1998. – Issue 1.– P. 377-379. [in Russian].
7. Bekbasarov I.I. Optimal'nyye formy i razmery fundamentov (v vytrambovannykh kotlovanakh) zdaniy i sooruzheniy [Optimal shapes and sizes of foundations (in rammed pits) of buildings and structures] // Bulletin of Science of the ASU named after S. Seifulin. – Astana, 2002. – No. 3. – P. 223-226. [in Russian].
8. Rukovodstvo po proyektirovaniyu i ustroystvu fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh [Guidelines for the design and installation of foundations in rammed pits]. - Moscow: Stroyizdat, 1981. – 56 p. [in Russian].
9. VSN 48-88. Obyazatel'nyye tekhnologii ustroystva fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh [Mandatory technologies for building foundations in rammed pits]. – Alma Ata: NPO Soyuzspetsfundamenttyazhstroy, 1988. – 53 p. [in Russian].

10. RSN KazSSR 57-90. Proyektirovaniye i ustroystvo fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh dlya seysmostoykikh zdaniy [Design and installation of foundations in rammed pits for earthquake-resistant buildings]. – Alma Ata: Kaztsntis Gosstroy of the Kazakh SSR, 1990. – 29 p. [in Russian].
11. RSN 40-85. Fundamenty v vytrambovannykh kotlovanakh i v probitykh skvazhinakh [Foundations in rammed pits and drilled wells]. – Chisinau: Gosstroy of the Moldavian SSR, 1985. - 42 p. [in Russian].
12. SN RK 5.01-06-2002 . Fundamenty v vytrambovannykh kotlovanakh. Raschet i proyektirovaniye [Foundations in rammed pits. Calculation and design]. – Astana: KAZGOR Design Academy, 2003. – 17 p. [in Russian].
13. Bekbasarov I.I. Opredeleniye diametra uplotnennoy zony grunta, formiruyushcheysya vokrug vytrambovyvayemogo kotlovana neglubokogo zalozheniya [Determination of the diameter of the compacted soil zone forming around the rammed shallow foundation pit] // Tr. KarGTU. - Karaganda, 2004. – No. 4 (17). – P. 85-88. [in Russian].
14. Bekbasarov I.I. Osnovy ratsional'nogo vytrabovyvaniya kotlovanov pod fundamenty [Fundamentals of rational excavation of foundation pits]. The monograph. – Taraz: Publishing house "Taraz University" 2011. – 155 p. [in Russian].
15. VSN 67-257-87. Rukovodstvo po ustroystvu fundamentov v vytrambovannykh kotlovanakh s ispol'zovaniyem navesnogo oborudovaniya UV-1, UVK-40A, OVK-100 [Guidelines for the installation of foundations in rammed pits using attachments UV-1, UVK-40A, OVK-100]. – Ufa: Ufa NIIpromstroy, 1987. – 66 p. [in Russian].
16. Bekbasarov I.I., Alimbayev B.A. Ob opredelenii diametra uplotnennoy zony, formiruyushcheysya v grunte vokrug fundamenta s ushirennym osnovaniyem [On determining the diameter of a compacted zone formed in the soil around a foundation with a widened base] // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference on Water Management. – Taraz, 2006. – P. 251-255. [in Russian].

ҒТАМР 67.21.21

Д.Ж. Артықбаев[1] – *негізгі автор*,
Ф.Х. Аубакирова[2], Н.С. Нақбаев[3],
Ж.Ж. Бердалиева[4], Г.М. Отарбаева[5]

[1]*PhD, аға оқытушы,* [2]*Техн. ғылым. канд.,доцент,* [3,5]*Докторант,* [4]*Оқытушы*

ORCİD
[1]*https://orcid.org/0000-0003-4794-8707* [2]*https://orcid.org/0000-0002-4687-1528*
[3]*https://orcid.org/0009-0003-3608-7208* [4]*https://orcid.org/0009-0003-5477-5151*
[5]*https://orcid.org/0009-0001-2401-9457*

[1,2,3]*М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан ғылыми зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан*
[4]*Қазақ бас сәулет-құрылыс академиясы, Алматы, Қазақстан*
[5]*әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан*

@ [2]*faraub@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/TITR3459

ЕҢІСТЕРДІҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ТОПЫРАҚТЫҢ ГЕОТЕХНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

Аңдатпа. Мақалада еңістер мен үйінді құрылыстарының сейсмотұрақтылығына тікелей әсер ететін грунттардың геотехникалық сипаттамалары қарастырылған. Жер сілкінісі кезіндегі динамикалық жүктемелер жағдайында грунттардың гранулометриялық құрамы, ылғалдылығы, кеуектілік коэффициенті, үйкеліс бұрышы, жабысу күші және деформация модулі сияқты негізгі параметрлердің өзгеру ерекшеліктері талданды. Далалық (SPT, CPT, SCPT) және зертханалық (циклдік үшосьты, ығысу, резонанстық баған әдісі) сынақтар арқылы грунттардың беріктік және сүзгіштік қасиеттерінің деградациясы анықталды. Сандық модельдеу әдістерін (қалыпты тепе-теңдік әдісі, Ньюмарк әдісі, ақырлы элементтер моделі) және ықтималдық тәсілдерін (Монте-Карло симуляциясы) қолдану арқылы тұрақтылық коэффициентінің Fs шекті мәндерге дейін төмендеу шарттары айқындалды. Зерттеу нәтижелері инженерлік тәжірибеде грунттардың қасиеттерін кешенді ескерудің маңыздылығын дәлелдеп, сейсмотұрақты құрылымдарды жобалау және нормативтік талаптарды жетілдіру үшін қолданылуы мүмкін.

Тірек сөздер: грунт, үйінді, геотехникалық сипаттама, сейсмотұрақтылық, тұрақтылық коэффициенті, динамикалық сынақтар, сандық модельдеу, Ньюмарк әдісі.

Артықбаев, Д.Ж. Еңістердің сейсмикалық тұрақтылығына әсер ететін топырақтың геотехникалық сипаттамалары [Мәтін] / Д.Ж. Артықбаев, Ф.Х. Аубакирова, Н.С. Нақбаев, Ж.Ж. Бердалиева, Г.М. Отарбаева // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.195-203. https://doi.org/10.55956/TITR3459

Кіріспе. Сейсмикалық қауіпті аймақтардағы қалалар мен инфрақұрылымның заманауи дамуы инженерлік нысандардың геотехникалық қауіпсіздігі мәселелеріне ерекше назар аударуды талап етеді. Жер сілкіністері – жер массаларында күрделі деформациялық үдерістерді тудырып, опырылу,

көшкін және еңістер мен үйінділердің тұрақтылығын жоғалту сияқты зардаптарға әкелетін ең жойқын табиғи факторлардың бірі болып қала береді [1,2]. Бұл ретте еңістердің беріктігі мен тұрақтылығы тікелей топырақтың геотехникалық сипаттамаларына тәуелді, ал динамикалық жүктемелер жағдайында бұл сипаттамалар уақыт пен кеңістік бойынша өзгеріп отырады [3,4].

Соңғы жылдардағы зерттеулер көрсеткендей, сейсмикалық тербелістердің әсерінен топырақтың мінез-құлқын айқындайтын негізгі параметрлер – ішкі үйкеліс бұрышы, ілінісу, тығыздығы, кеуектілік коэффициенті, ылғалдану дәрежесі және деформация модулі болып табылады [1,5,6]. Топырақтың ылғалдылығы мен қанығу деңгейінің артуы кеуектік қысымның көтерілуіне және тиімді кернеу күйінің төмендеуіне алып келеді, бұл өз кезегінде жылжу кедергісін азайтып, тұрақтылық қоры коэффициентінің (F_S) төмендеуіне себеп болады [3,7]. Дәндік (гранулометриялық) құрам да маңызды рөл атқарады: құмды және лесс тәрізді топырақтар сейсмопросядқыштыққа бейім, ал сазды жыныстар көп мәрте циклдік тербелістер кезінде сұйылуға ұшырайды [4,7,8]. Бұл ерекшеліктер Оңтүстік Қазақстан, Орта Азия және Тянь-Шань аймақтары үшін өзекті, себебі бұл өңірлерде лесс қабаттары мен шаңды-сазды жыныстар басым таралған және олар жоғары қасиеттерімен сипатталады [4].

Далалық және зертханалық зерттеулер (SPT, CPT, SCPT, циклдік үшосьтік және қарапайым ығысу сынақтары) динамикалық жүктемелер әсер еткен кезде топырақтардың беріктік және сүзгілік қасиеттерінің әлсіреу заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік берді [9-11]. W. Wu [9] және X. Fan [4] зерттеулерінің нәтижелері бойынша құмды және лесс тәрізді топырақтарда қайталанған жүктеме циклдары кезінде беріктік шамамен 40%-ға дейін төмендеуі мүмкін екендігі анықталған.

Сандық модельдеу әдістері (соңғы элементтер әдісі – FEM, соңғы айырмалар әдісі – FDM, Нюмарк әдісі) және ықтималдық тәсілдері (Монте-Карло талдауы, параметрлердің өрістері) нақты жағдайларды дәлірек бейнелеуге мүмкіндік береді және топырақ қасиеттерінің өзгергіштігінің еңістердің тұрақтылығына әсерін бағалауға жағдай жасайды [2,11,12]. Мысалы, L. Zhang және әріптестері [1] көрсеткендей, ілінісу (c) мен ішкі үйкеліс бұрышының (φ) ±15% вариациясы кезінде тұрақтылық коэффициенті FS шамамен 0,85-1,15 аралығында өзгеруі мүмкін.

Осылайша, бұл зерттеудің өзектілігі – сейсмикалық факторлар мен табиғи әртектілікті ескере отырып, топырақтардың геотехникалық сипаттамаларын кешенді түрде талдау қажеттілігімен айқындалады. Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы – жер сілкіністері жағдайындағы еңістердің тұрақтылығын анықтайтын параметрлерді жүйелеу және оларды инженерлік есептеулер мен сейсмикалық төзімді құрылыстарды жобалау кезінде ескерудің әдістемесін нақтылау болып табылады [12,13].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Еңістердің жер сілкінісіне төзімділігі табиғи және инженерлік параметрлермен анықталады. Дұрыс бағалау үшін келесі факторларды ескеру қажет:

– геологиялық жағдайлар: топырақ түрлері (құмдар, құмайттар, сарғыш, саздар), әлсіз қабаттардың болуы және құрылымдық анизотропия [1,4];

– гидрогеологиялық жағдай: жер асты суларының деңгейі, сүзгілік коэффициенті k, қанығу дәрежесі S_r және жауын-шашын кезінде олардың динамикасы [3];

– сейсмикалық әсер: жеделдету (PGA), қозғалыс спектрлік сипаттамалары және оның ұзақтығы [1,9];

– еңіс геометриясы: биіктігі *H*, көлбеу бұрышы β, еңіс ұзындығы және сейсмикалық векторға қатысты бағыты [5];

– топырақ параметрлері: ілінісу *c*, ішкі үйкеліс бұрышы φ, ығысу модулі *G*, деформация модулі *E*, сөну коэффициенті және сұйылуға бейімділігі [4].

Бұл шарттар зертханалық, далалық және сандық зерттеулердің бастапқы деректерін анықтайды. Деректерді жинау үшін келесі әдістер пайдаланылды:

– стандартты сынақтар (SPT, CPT, SCPT) – топырақтың тығыздығын, енуге қарсы кедергісін және сүзгілік параметрлерін анықтау үшін [3];

– циклдік үшосьтік және қарапайым ығысу сынақтары – көп мәрте жүктеме әсерінен топырақтың беріктігі мен қаттылығының төмендеуін бағалау үшін [4];

– резонанстық баған сынағы және толқындық әдістер (Vs, Vs_{30}) – кіші деформациялар кезіндегі қаттылық пен сөну коэффициентін анықтау үшін [1];

– ылғалдылықты, кеуектілікті және қанығу дәрежесін анықтау – сүзгілік және капиллярлық қасиеттерді бағалау мақсатында [5].

Жоғарыда аталған топырақтарды зерттеудің негізгі зертханалық және далалық әдістері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

Топырақтарды зерттеудің негізгі зертханалық және далалық әдістері

Әдіс атауы	Анықталатын параметрлер	Қолданылу шарты	Дерек көзі
SPT, CPT, SCPT	тығыздық, кедергі, кеуектік қысым	инженерлік-геологиялық жағдайларды бағалау	[3]
Үшосьтік циклдік сынақтар	*c*, φ, ығысу модулі, деградация	сейсмикалық әсер кезіндегі беріктікті бағалау	[4]
Резонанстық баған сынағы	*Vs*, сөну коэффициенті, *Gmax*	динамикалық модельдеу	[1]
Зертханалық ылғалдылық пен тығыздық анықтау	*w, Sr, e*	Сүзгілік параметрлерді анықтау	[5]

Еңістердің тұрақтылығын бағалау үшін аналитикалық зерттеу әдістерінің ішінде шекті тепе-теңдік әдісі (LEM), сондай-ақ псевдостатикалық және сандық тәсілдер қолданылады.

Шекті тепе-теңдік әдісі (LEM) еңіс қимасындағы күштердің тепе-теңдігін талдау негізінде тұрақтылық коэффициентін анықтауға негізделеді:

$$F_s = \frac{\sum(c' \cdot l + W\ cos\alpha \cdot tan\varphi')}{\sum(W \sin\alpha + u \cdot l)} \quad (1)$$

мұндағы: c' – ілінісу, φ' – ішкі үйкеліс бұрышы, W – қиманың салмағы, u – кеуектік қысым, l – сырғыма бетінің ұзындығы [3,9].

Псевдостатикалық әдісте қосымша жүктемелерді есептеу үшін горизонталь және вертикаль сейсмикалық коэффициенттер енгізіледі [1]:

$a_h=k_h \cdot g, \qquad a_v=k_v \cdot g$ (2)

Нюмарк әдісі еңіс тұрақтылығы коэффициенті уақытша сыни мәннен төмендеген жағдайларда қалдық орын ауыстыруларды бағалау үшін қолданылады [9].

Сандық модельдеу (FEM/FDM) кезінде топырақ қасиеттерінің деградациясы, кеуектік қысымның жиналуы және біртіндеп бұзылу процестері ескеріледі [4].

Қазіргі зерттеулер топырақ қасиеттерінің өзгергіштігін есепке алуға ерекше назар аударады, сондықтан келесі ықтималдық әдістері қолданылады:

– Монте-Карло симуляциясы: *c*, *φ*, тығыздық, қабаттардың тереңдігі және су деңгейі параметрлері вариацияланады [3];

– сезімталдық талдауы (sensitivity analysis): ең маңызды параметрлерді анықтау үшін [5];

– біріктірілген модельдер (детерминистік + ықтималдық): мүмкін болатын тұрақтылық коэффициенттері *Fs* диапазонын бағалауға мүмкіндік береді [1,3].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Талдау үшін құмды және сазды топырақтар бойынша зертханалық және сандық зерттеу деректері пайдаланылды [12,14]. Топырақтардың индекстік және динамикалық сипаттамалары 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

Топырақтардың индекстік және динамикалық параметрлері

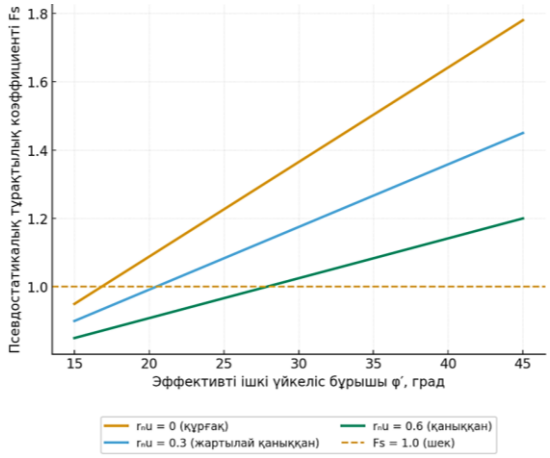
Топырақ түрі	φ′, град	c′, кПа	γ, кН/м³	Vs_{30}, м/с	Пластикалық көрсеткіш (PI)
Тығыз құм	40	0	19.0	450	0
Орташа тығыз құм	34	0	18.0	300	0
Құмайт	30	5	18.5	220	4
Жұмсақ саз	20	12	17.0	160	40
Қатты саз	25	25	18.0	250	20

Тұрақтылық қорының коэффициенті Моор-Кулон критерийі бойынша есептелді:

$$F_{s,ps} = \frac{c' + (\sigma_n - u) \cdot tan\varphi'}{\tau_{dem}} \qquad (3)$$

мұндағы: σ_n – нормаль кернеу, $u=r_u\sigma_n$ – кеуектік қысым, r_u – қанығу коэффициенті.

Псевдостатикалық тұрақтылық қоры коэффициентінің графикалық тәуелділігі 1-суретте көрсетілген.

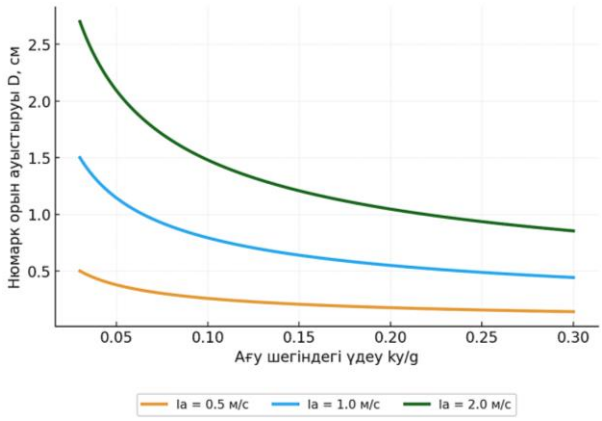


Сурет 1. Тұрақтылық коэффициенті Fs-тің ішкі үйкеліс бұрышы φ′ және топырақтың қанығу дәрежесіне тәуелділігі

Деформациялық сейсмикалық төзімділіктерін бағалау үшін Нюмарк әдісі қолданылды. Қорытынды орын ауыстыру шамасы (*D*) «ағу үдеуі» (k_y) функциясы ретінде есептелді:

$$D=A\cdot e^{-B\cdot k_y}\cdot I_a \quad (4)$$

мұндағы, I_a – Ариас интенсивтілігі (2-сурет).



Сурет 2. Нюмарк әдісі бойынша орын ауыстырулардың Ариас интенсивтілігіне тәуелділігі

Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері сейсмикалық әсерлер жағдайында еңістердің тұрақтылығына топырақтардың физика-механикалық және динамикалық сипаттамалары шешуші әсер ететінін дәлелдейді. Ең сезімтал параметрлерге ішкі үйкеліс бұрышы, ілінісу, суға қанығу дәрежесі, тығыздық және деформация модулі жатады. Осы параметрлердің кез келгенінің төмендеуі тұрақтылық қоры коэффициенті *Fs*-тің азаюына және еңістердің қалдық орын ауыстыруларының артуына алып келеді [1,3,4].

Зертханалық деректер мен сандық есептеулерді талдау топырақтың қанығу дәрежесінің артуы кеуектік қысымның көтерілуіне әкелетінін

көрсетті, бұл өз кезегінде тиімді кернеу жағдайын төмендетеді және нәтижесінде жылжу кедергісін азайтады [3,7].

Қанығу коэффициентінің жоғары мәндері ($r_u > 0,8$) кезінде *Fs*-тің күрт төмендеуі байқалады. Бұл T. Jiang [3] зерттеулерінің нәтижелерімен сәйкес келеді: топырақтың жартылай қаныққан күйден толық қаныққан күйге өтуі тұрақтылық коэффициентінің 25%-дан астамға төмендеуіне алып келеді.

Гранулометриялық құрам да топырақтың сейсмикалық әсерге жауап беру сипатына айтарлықтай ықпал етеді. Құмды және лесс тәрізді топырақтар сейсмопросядқыштыққа бейім болса, сазды жыныстар көп мәрте циклдік тербелістер кезінде сұйылуға ұшырайды [4,7,8]. X. Fan [4] және W. Zhou [8] зерттеулерінің нәтижелері көрсеткендей, саздардағы беріктіктің деградациясы орташа амплитудалы жүктеменің небәрі 5-10 циклінен кейін-ақ басталады. Бұл еңістерді есептеу барысында циклдік беріктікті және ілінісу қасиетінің төмендеу жылдамдығын міндетті түрде ескерудің маңыздылығын дәлелдейді.

Топырақ құрылымының әртектілігіне ерекше назар аудару қажет. L. Zhang [1] еңіс аумағындағы ілінісу мен ішкі үйкеліс бұрышы параметрлерінің ауытқуы пластикалық деформациялардың локализациясына және сырғыма бетінің орын ауысуына әкелетінін дәлелдеді. Бұл нәтижелер B. Yan [11] орындаған Монте-Карло әдісінің ықтималдық талдауларымен сәйкес келеді, оған сәйкес беріктік сипаттамаларының ± 15% шегіндегі өзгеруі тұрақтылық коэффициентінің 0,85-1,15 аралығында тербелуіне себеп болады.

Сандық модельдеу әдістері (FEM, FDM) сейсмикалық жағдайларда еңістердің мінез-құлқын болжауда жоғары тиімділігін көрсетті. Алайда шынайы нәтижелер алу үшін бастапқы топырақ параметрлерін дұрыс тағайындау қажет, әсіресе Нюмарк әдісін қолданғанда. W. Wu [9] атап өткендей, ағу шегіндегі үдеуді (k_x) анықтаудағы небәрі 0,02g қателік қалдық орын ауыстыру болжамының 30%-дан астам өзгеруіне әкелуі мүмкін.

Ықтималдық әдістерді және сезімталдық талдауын қолдану топырақ қасиеттерінің өзгергіштігін және сыртқы әсерлердің белгісіздігін есепке алуға мүмкіндік береді. H. Tang [2], сондай-ақ R.B. Seed пен J.D. Bray [6] көрсеткендей, детерминистік және стохастикалық тәсілдерді үйлестіру еңістердің тұрақтылығын болжаудың сенімділігін арттырады. Бұл әсіресе стратиграфиясы күрделі және гидрогеологиялық жағдайлары өзгермелі аймақтар үшін маңызды.

Жұмсартқыш (G_{max}) және сөну коэффициенті де топырақтың динамикалық жауабына ықпал етеді. S.L. Kramer және P. Arduino [10] топырақтардың жоғары ығысу модуліне (G_{max}) және 7-10% демпфирлеу коэффициентіне ие болған жағдайларда орын ауыстыру амплитудаларының аз болатынын және сейсмикалық төзімділікті артатынын көрсетті. Алайда жеткілікті демпфирлеусіз шамадан тыс қаттылық резонанстық әсерлерге әкелуі мүмкін, сондықтан сандық модельдеу кезінде параметрлердің кешенді түрде таңдалуын талап етеді.

Осылайша, еңістердің сейсмикалық төзімділіктеріне сенімді бағалау тек кешенді тәсіл қолданылғанда мүмкін: зертханалық сынақтар, далалық зерттеулер, сандық модельдеу және ықтималдық талдаулар. SPT, CPT, резонанстық баған, FEM және Монте-Карло әдістері арқылы алынған нәтижелерді теңестіру топырақтардың мінез-құлқын тереңірек түсінуге және инженерлік шешімдердегі белгісіздікті төмендетуге мүмкіндік береді.

Аталған қорытындылар заманауи халықаралық талаптарға толық сәйкес келеді [11,12].

Қорытынды. Жүргізілген зерттеулер топырақтардың геотехникалық сипаттамалары сейсмикалық әсерлер жағдайында еңістердің тұрақтылығын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқаратынын көрсетті. Еңіс пен үйінді тұрақтылығын айқындайтын ең маңызды параметрлерге ішкі үйкеліс бұрышы, ілінісу, тығыздық, суға қанығу дәрежесі және деформация модулі жатады. Динамикалық жүктемелер әсерінен осы сипаттамалардың өзгеруі тұрақтылық қоры коэффициентінің төмендеуіне және қалдық деформациялардың пайда болуына әкеледі.

Белгілі болғандай, құмды және лесс тәрізді топырақтар жоғары сейсмопросядқыштықпен ерекшеленеді, ал сазды жыныстар сейсмикалық тербелістердің жоғары деңгейінде сұйылуға бейім келеді. Бұл ерекшеліктер еңістерді жобалау және есептеу кезінде сүзгілік және беріктік қасиеттерді жан-жақты ескеруді талап етеді.

Пайдалы нәтижелер кешенді тәсіл қолданудың тиімділігін көрсетті: далалық сынақтар (SPT, CPT), зертханалық циклдік зерттеулер және сандық модельдеу әдістерін біріктіру жер сілкіністері кезіндегі топырақтардың мінез-құлқын дәлірек болжауға және тұрақтылықтың шекті деңгейге дейін төмендеуіне себеп болатын критикалық параметрлерді анықтауға мүмкіндік береді. Ықтималдық тәсілдерін, әсіресе Монте-Карло әдісін пайдалану топырақ қасиеттерінің өзгергіштігі мен сыртқы әсерлердің белгісіздігін ескере отырып, тәуекелдерді неғұрлым сенімді бағалауға жағдай жасайды.

Осылайша, зерттеу нәтижелері инженерлік геология мен сейсмотұрақтылық құрылыс саласы үшін маңызды практикалық мәнге ие. Олар нормативтік талаптарды әзірлеуде, инженерлік ізденістер жүргізуде және жобалық есептеулер орындауда қолданылуы мүмкін. Айқындалған тәуелділіктер мен ұсыныстар сейсмикалық қауіпті аймақтарда еңістердің тұрақтылығын бағалау әдістерін жетілдіруге және техногендік апаттар қаупін төмендетуге негіз қалайды.

Әдебиеттер тізімі

1. Zhang L., Wang J., Chen R. Seismic slope stability evaluation considering soil heterogeneity // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – 2021. – Vol. 141. – P. 106522.
2. Tang H., Wang F., Catani F. Modelling seismic-induced landslides: Recent advances and challenges // Natural Hazards. – 2022. – Vol. 113. – No. 2. – P. 1025-1049.
3. Jiang T., Liu H., Yang Z. Effects of soil saturation on seismic slope responses // Engineering Geology. – 2023. – Vol. 317. – P. 107060.
4. Fan X., Tang C., Zhang Y. Seismic performance of compacted loess slopes under dynamic loading // Engineering Failure Analysis. – 2022. – Vol. 140. – P. 106556.
5. Lee C., Cho W., Kim S. Stability of earth slopes under coupled seismic and rainfall conditions // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. – 2019. – Vol. 78. – No. 8. – P. 5933-5947.
6. Seed R.B., Bray J.D. Recent insights into seismic slope stability analysis // Geotechnical Special Publication (ASCE). – 2020. – Vol. 310. – P. 55-78.
7. Zhang Z., Wang S., Li J. Seismic response of loess slopes considering pore water pressure buildup // Engineering Geology. – 2021. – Vol. 283. – P. 106010.
8. Zhou W., Xu Q., Dong X. Influence of cyclic loading on shear strength of clays // Soils and Foundations. – 2020. – Vol. 60. – No. 5. – P. 1032-1045.

9. Wu W., Chen Q., Zhou Y. Probabilistic assessment of earthquake-induced slope displacements using Newmark's method // Landslides. – 2023. – Vol. 20. – No. 4. – P. 789-804.
10. Kramer S.L., Arduino P. Advances in performance-based earthquake engineering for slopes // Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE). – 2021. – Vol. 147. – No. 6. – P. 04021037.
11. Yan B., Liu C., Sun X. Reliability analysis of slope stability under earthquake loading using Monte Carlo simulations // Computers and Geotechnics. – 2022. – Vol. 145. – P. 104728.
12. EN 1998-5:2024. Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects [Electronic resource]. – Access mode: https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/cd181261-777d-4cbf-9b78-3700a50ecb7a/en-1998-5-2024. Date of access: 02.10.2025.
13. ISO 23469:2005(en). Bases for design of structures – Seismic actions for geotechnical works [Electronic resource]. – Access mode: https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:23469:ed-1:v1:en. Date of access: 02.10.2025.
14. USGS. National Seismic Hazard Maps. Methodology and Data [Electronic resource]. – Access mode: https://earthquake.usgs.gov. Date of access: 07.10.2025.

Материал редакцияға 31.10.25 түсті, 03.12.25 қабылданды.

Д.Ж. Артыкбаев[1], Ф.Х. Аубакирова[1],
Н.С. Накбаев[1], Ж.Ж. Бердалиева[2], Г.М. Отарбаева[3]

[1]Южно-Казахстанский исследовательский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
[2]Казахская головная архитектурно-строительная академия, Алматы, Казахстан
[3]Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СЕЙСМОУСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ

Аннотация. В статье рассмотрены геотехнические характеристики грунтов, оказывающие ключевое влияние на сейсмоустойчивость откосов и насыпных сооружений. Проведен анализ природных и инженерных факторов, имеющих влияние на устойчивость склонов в условиях динамических нагрузок: гранулометрический состав, влажность, коэффициенты пористости, сцепления, угол внутреннего трения и модуль деформации. Применение полевых (SPT, CPT, SCPT) и лабораторных (циклические трёхосные, простые сдвиговые, резонансные испытания на колонне) методов позволило оценить деградацию прочностных и фильтрационных характеристик грунтов при сейсмических воздействиях. На основе численного моделирования (LEM, метод Ньюмарка, FEM/FDM) и вероятностных подходов (симуляции Монте-Карло) выявлены критические значения параметров, при которых коэффициент устойчивости Fs снижается до предельно допустимого значения. Результаты исследования подтверждают необходимость комплексного подхода к учёту свойств грунтов в инженерной практике и могут быть использованы при разработке нормативных документов и проектировании сейсмоустойчивых сооружений.

Ключевые слова: грунт, откос, геотехническая характеристика, сейсмоустойчивость, коэффициент устойчивости, динамическое испытание, численное моделирование, метод Ньюмарка.

D.Zh. Artykbaev[1], F.Kh. Aubakirova[1], N.S. Nakbaev[1], Zh.Zh. Berdalieva[2], G.M. Otarbaeva[3]

[1]M. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Kazakh National Academy of Architecture and Civil Engineering, Almaty, Kazakhstan
[3]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF SOILS AFFECTING THE SEISMIC RESISTANCE OF SLOPES

Abstract. The article examines the geotechnical characteristics of soils that have a decisive impact on the seismic stability of slopes and embankments. The study analyzes the behavior of key parameters under dynamic loading, including grain-size distribution, moisture content, porosity ratio, angle of internal friction, cohesion, and deformation modulus. Field tests (SPT, CPT, SCPT) and laboratory experiments (cyclic triaxial, direct shear, and resonant column tests) were used to assess the degradation of strength and filtration properties of soils during seismic events. Numerical modeling methods (limit equilibrium method, Newmark's sliding block analysis, and finite element method) combined with probabilistic approaches (Monte Carlo simulations) identified critical parameter values at which the factor of safety (Fs) decreases to critical levels. The findings confirm the necessity of a comprehensive approach to considering soil properties in engineering practice and can be applied in developing regulatory frameworks and in the design of earthquake-resistant geotechnical structures.

Keywords: soil, slope, geotechnical characteristic, seismic stability, factor of safety, dynamic test, numerical modeling, Newmark method.

ҒТАМР 67.09.55

С.Н. Кожиков[1] – *негізгі автор*, ©
К. Жания[2]

[1,2]*Магистр, ст. преподаватель*
[1]*https://orcid.org/0009-0007-5865-070X*
[1,2]*Торайгыров университет,*
Павлодар, Қазақстан
[1]*sayan1988ksn@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/VTWO1043

ЕКІБАСТҰЗ МАЭС-НЫҢ ГИДРОАЛДЫН АЛУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН КҮЛДЕРІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ БАЙЫТҚЫШТАР МЕН БЕТОН ҚҰРАМДАРЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Аңдатпа. Мақалада Экибастұз МАЭС-ның гидроалдын алу күлдерін пайдалану арқылы композициялық байланыстырғыштар мен бетондардың құрамын оңтайландыру процесі қарастырылады. Негізгі назар бетондардың физика-механикалық қасиеттеріне, мысалы, беріктік, ұзақтық және мұзға төзімділік сияқты факторларға күлдің әртүрлі пропорцияларының әсерін зерттеуге аударылған. Эксперименттік деректерді сипаттау, гидроыдырау күлдерін байланыстырғыш материалдар мен бетондардың құрамына қоспа ретінде пайдаланудың тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді, бұл құрылыс материалдарын өндіру шығындарын төмендетуге және электр станцияларының қалдықтарын жоюмен байланысты экологиялық мәселелерді шешуге көмектеседі. Құрамдас бөліктердің оңтайлы қатынастарын талдаудың нәтижелері келтірілген, олар бетон конструкцияларының жақсартылған эксплуатациялық сипаттамаларын қамтамасыз етеді. Мақала гидроыдырау күлдерін жоғары сапалы бетон қоспаларын және төзімді құрылыс материалдарын жасау үшін балама компонент ретінде қолданудың перспективасын көрсетеді.

Тірек сөздер: МАЭС, күл, композициялық материалдар, пуццолан.

Кожиков, С.Н. Екібастұз МАЭС-ның гидроалдын алу әдісімен алынған күлдерін пайдалана отырып, композициялық байытқыштар мен бетон құрамдарын оңтайландыру [Мәтін] / С.Н. Кожиков, К. Жания //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.204-211. https://doi.org/10.55956/VTWO1043

Кіріспе. Соңғы онжылдықтарда қоршаған ортаға теріс әсерді азайту және табиғи ресурстарды пайдалануды оңтайландыру қажеттілігіне байланысты құрылыс саласында баламалы материалдарды әзірлеуге және қолдануға көбірек көңіл бөлінуде [1]. Осындай балама материалдардың бірі – жылу электр станцияларында көмірді жағу процесінде пайда болатын күл. Атап айтқанда, Екібастұз МАЭС-ның су жою күлі композициялық тұтқыр және бетон өндіру үшін әлеуетті құнды ресурс болып табылады [2].

Қазақстанның ірі электр станцияларының бірі болып табылатын Екібастұз МАЭС-ның жиі қолданылмайтын қалдықтарға айналатын

айтарлықтай мөлшерде қалдық шығарады. Алайда, күл химиялық және физикалық қасиеттеріне байланысты бетондар мен композициялық байланыстырғыштар сияқты жаңа құрылыс материалдарын жасау үшін компонент ретінде пайдаланылуы мүмкін [3]. Бетондардың құрамына қалдық қосу кәдеге жарату мәселесін шешіп қана қоймайды [4].

Сонымен қатар, бетондар мен тұтқыр материалдардың бөлігі ретінде гидрооқшаулағыш қалдықтарды пайдалану цемент сияқты дәстүрлі компоненттерге қажеттілікті азайтуға мүмкіндік береді, бұл сонымен қатар оны өндіруге байланысты көміртегі шығарындыларының төмендеуіне әкеледі [5]. Бұл процесс тұрақты құрылыстың заманауи үрдістеріне толық сәйкес келеді және «Жасыл экономика» стратегиясын іске асыруға үлес қосуға мүмкіндік береді [6].

Екібастұз МАЭС су жою қоқыстарын пайдалана отырып композициялық тұтқыр және бетон құрамдарын оңтайландыру бірнеше себептер бойынша өзекті болып табылады:

– Күлді жоюдың экологиялық проблемасы: жылу электр станцияларында, соның ішінде Екібастұз МАЭС-на көмірді жағу нәтижесінде пайда болатын күл қоршаған ортаға қиындық туғызады. Бұл күлдің көп бөлігі атмосфераға шығарылады немесе арнайы полигондарда жиналады, бұл ауа мен топырақтың ластануына әкеледі. Құрылыс материалдарын өндіруде күлді пайдалану қалдықтарды жою мәселесін шешуге мүмкіндік береді [7].

– Бетондар мен тұтқыр материалдарды өндіруге кететін шығындарды азайту: гидрооқшаулағыш күл белгілі бір тұтқыр қасиеттерге ие, бұл цементті бетондар мен композициялық байланыстырғыштардың бөлігі ретінде ішінара немесе толығымен ауыстыруға мүмкіндік береді. Бұл қымбат компонент болып табылатын цементке деген қажеттілікті азайтады, сонымен қатар оны өндіруге жұмсалатын энергия шығындарын азайтады, бұл энергия бағасының өсуі жағдайында маңызды [8].

– Бетондардың тұрақтылығы мен беріктігі: гидрооқшаулағыш қалдықтарды қоспа ретінде пайдалану бетондардың аязға төзімділігі, су өткізбейтіндігі, сондай-ақ олардың қоршаған ортаның агрессивті әсеріне төзімділігі сияқты сипаттамаларын жақсарта алады. Бұл әсіресе қиын климаттық жағдайларда пайдаланылатын объектілерді салу үшін өте маңызды [9].

– Табиғи ресурстарды үнемдеу: цементтің бір бөлігін және бетонның басқа компоненттерін күл сияқты қалдықтармен алмастыру арқылы әктас, саз және цемент өндірісінде қолданылатын басқа материалдар сияқты табиғи ресурстарды тұтынуды азайтуға болады. Бұл ресурстарды ұтымды пайдалануға және қоршаған ортаға әсерді азайтуға ықпал етеді [10].

– Тұрақты құрылыстың заманауи талаптарына сәйкестігі: соңғы жылдары тұрақты даму және «жасыл сәулет» қағидаттарына негізделген құрылысқа деген қызығушылық артып келеді. Құрылыс материалдарын өндіруде күл сияқты қалдықтарды пайдалану көміртегі ізінің төмендеуіне ықпал етеді және экологиялық тұрақтылық талаптарына жауап береді [10].

Осылайша, Екібастұз МАЭС гидроалу қалдықтарын пайдалана отырып, бетондар мен композициялық тұтқыр заттардың құрамын оңтайландыру жөніндегі зерттеулер экологиялық тұрақтылық пен ресурстарды ұтымды пайдалану бөлігінде қазіргі заманның сын-тегеуріндеріне жауап беретін құрылыс саласындағы маңызды бағыт болып табылады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы Екібастұз МАЭС-ның гидравликалық жою күлін композициялық тұтқыр және бетон материалдарының құрамдас бөлігі ретінде кешенді зерттеу және негіздеуде болып табылады.

Зерттеудің мақсаты Екібастұз МАЭС-ның пайдалану сипаттамаларын жақсарту және құрылыс саласында қолдану тиімділігін арттыру үшін гидроалу күлін пайдалана отырып, композициялық тұтқыр және бетон құрамдарын оңтайландыру болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. *Материалдар:* Екібастұз МАЭС гидрооқшаулағыш күлі, тұтқыр және бетон компоненттері (цемент, химиялық қоспалар, бетонға арналған толтырғыштар). Зертханалық тәсілімен қоспаларды дайындау процессі 1-суретте, шыққан өнім 2-суретте көрсетілген.



Сурет. 1. Зертханалық тәсілімен қоспаларды дайындау процессі



Сурет. 2. Бетон қоспаларының компонеттерінен шыққан өнімі

Гидравликалық күл – бұл электр энергиясын өндіру процесінде Екібастұз МАЭС-на көмірді жағу кезінде пайда болатын қалдық. Суды кетіру арқылы алынған күл белгілі бір физика-химиялық сипаттамаларға ие, бұл оны құрылыс материалдарын, соның ішінде бетондар мен композициялық байланыстырғыштарды өндіру үшін әлеуетті құнды компонент етеді. Екібастұз МАЭС су жою күлінің негізгі сипаттамалары:

1. Химиялық құрамы (1-кесте): Екібастұз МАЭС гидрооқшаулағыш күлі кремний (SiO_2), алюминий (Al_2O_3), кальций (CaO), магний (MgO) және темір (Fe_2O_3) оксидтерінің жоғары құрамымен сипатталады. Бұл оны поззолан материалдарына ұқсас белсенді минералды компонент ретінде жіктеуге мүмкіндік береді, бұл оны жоғары сапалы тұтқыр материалдар мен бетондар жасау үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Кесте 1

Күл үлгісінің орташа химиялық құрамы

Элемент	Күл үйіндісі, %		Эл. Фильтр, %	
SiO_2	55,7	56,25	50,4	50,74
CaO	6,8	6,84	13,96	13,57
Al_2O_3	21,83	21,84	20,52	20,6
MgO	1,95	1,65	1,55	1,67
MnO	0,09	0,1	0,1	0,09
Fe_2O_3	7,44	7,4	8,55	8,53
FeO	6,69	6,66	7,69	7,68
K_2O	3,53	3,44	1,35	1,31
TiO_2	1,11	1,28	0,97	0,81
SO_3	0,72	0,68	0,87	0,82
BaO	0,44	-	0,5	0,59
P_2O_5	0,38	0,4	1,08	1,1

2. Физикалық қасиеттері:

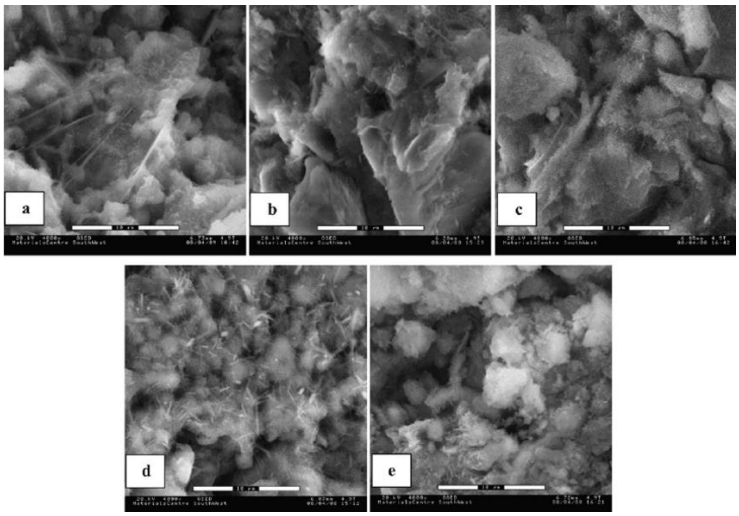
– меншікті тығыздық: әдетте гидрооқшаулағыш күлдің тығыздығы төмен, бұл оны бетон үшін жақсы толтырғыш етеді;

– суды сіңіру: күл судың жоғары сіңуімен сипатталады, бұл бетон қоспаларының суға төзімділігі мен беріктігі сияқты қасиеттеріне әсер етуі мүмкін;

– бөлшектердің пішіні: гидрооқшаулағыш күл бөлшектері әдетте ұсақ болады, бұл олардың бетон құрамындағы тұтқыр материалдармен өзара әрекеттесуін жақсартуға көмектеседі [11].

3. Белсенділік: Гидрооқшаулағыш күл пуццолан белсенділігіне ие, яғни ол судың қатысуымен кальций гидроксидімен әрекеттесіп, тұтқыр қасиеттері бар қосылыстар түзе алады. Бұл күлді бетон құрамындағы цементтің бір бөлігін ауыстыру үшін компонент ретінде пайдалануға мүмкіндік береді, бұл оның құнын төмендетеді және экологиялық іздерді азайтады [12].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Екібастұз МАЭС-тің су жою күлін пайдалана отырып, композициялық тұтқыр және бетон құрамдарын оңтайландыру бойынша жүргізілген зерттеу барысында осы материалды құрылыс саласында қолданудың орындылығын растайтын маңызды нәтижелер алынды. 3-суретте цемент-күл пасталарының 24 сағаттық гидратациядан кейінгі микроқұрылымы көрсетілген.



Сурет. 3. Цемент-күл пасталарының 24 сағаттық гидратациядан кейінгі микроқұрылымы: (a) 0 % күл, (b) 10 % күл, (c) 20 % күл, (d) 30 % күл, (e) 40 % күл

Гидрооқшаулағыш күлдің химиялық және физика-механикалық қасиеттері (2-кесте): Екібастұз МАЭС гидрооқшаулағыш күлінің құрамында SIO_2, Al_2O и және CaO сияқты белсенді оксидтердің жоғары мәндері бар, бұл оған поззолан белсенділігін береді. Бұл қасиет күлді бетон құрамындағы цементтің бір бөлігін ауыстырудың құрамдас бөлігі ретінде пайдалануға мүмкіндік береді, олардың экологиялық және экономикалық сипаттамаларын жақсартады.

Кесте 2

Гидрооқшаулағыш күлдің химиялық және физика-механикалық қасиеттері

Элемент/оксид	Массалық үлесі (%)	Рөлі
SiO_2	55,20	Гель түзуші «матрица»
Al_2O_3	37,65	Құрылымды күшейтуге әсері
CaO	1,47	Гидравликалық белсенділікке ықпал етеді
Fe_2O_3	1,20	Минералогиялық құрамға әсер етеді
MgO, SO_3, Na_2O, K_2O	Қалдық	Қосымша әсерлер (тұтқырлық, реактивтілік)

Гранулометрия және минералогиялық құрамы (3-кесте): гидрооқшаулағыш күл ұсақ гранулометриялық құрамымен және аморфты кремний диоксиді бөлшектерінің болуымен сипатталады, бұл бетон құрамындағы тұтқыр компоненттермен жақсы әрекеттесуге ықпал етеді. Кварцты және басқа белсенді минералдарды қамтитын күлдің минералогиялық құрамы олардың бетондардың беріктік сипаттамаларын жақсарту қабілетіне де әсер етеді.

Кесте 3

Гранулометрия және минералогиялық құрамы

Фракция (мкм)	Үлес салмағы (%)	Ескерту
< 10	25	Аморфты кремний диоксидінің басым бөлігі
10-50	45	Жалпы фракцияның негізгі бөлігі
> 50	30	Ірі бөлшектер, кварц және минералдар

Бетон қасиеттеріне әсері (4-кесте): цементті гидравликалық күлмен ішінара ауыстыру кезінде бетон қоспалары сығымдау беріктігі, су өткізбейтін және аязға төзімділік сияқты кейбір физикалық қасиеттердің жақсаруын көрсетеді. Суды кетіру күлді қолдану су-цемент қатынасын төмендетеді және бетондардың беріктігін арттыруға көмектеседі.

Кесте 4

Бетон қасиеттеріне әсері

Параметр	Бақылау (цемент 100%)	Күл қосылған бетон	Жақсару (%)
Сығу беріктігі, 28 күн (МПа)	35	40	+14
Су өткізгіштік коэффициенті (см/с)	$1,5\times10^{-8}$	$1,0\times10^{-8}$	-33
Аязға төзімділік (цикл)	100	150	+50

Экологиялық және экономикалық тиімділік: бетон өндірісінде суды кетіру күлін пайдалану цементке деген қажеттілікті азайтады, бұл көміртегі ізін азайтуға және құрылыс материалдарын өндіруге кететін шығындарды азайтуға көмектеседі. Бұл сонымен қатар көмір ЖЭС қалдықтарын жоюдың экологиялық мәселесін шешуге көмектеседі.

Әрі қарайғы зерттеулердің перспективалары: Екібастұз МАЭС гидрооқшаулау күлін пайдалана отырып, бетон құрамын одан әрі жетілдіру үшін күл мен химиялық қоспалардың дозасын оңтайландыруға, сондай-ақ әртүрлі климаттық және пайдалану жағдайларында бетондардың ұзақ мерзімді пайдалану сипаттамаларын зерделеуге бағытталған қосымша

зерттеулер жүргізу қажет. Сондай-ақ, құрылыста кеңінен қолдану үшін суды кетіру технологиясын жақсарту және күлді өңдеу бойынша зерттеулерді жалғастыру маңызды.

Осылайша, жүргізілген зерттеу Екібастұз МАЭС-ті гидравликалық күлмен ылғалсыздандыру композициялық байланыстырғыштар мен бетондарға қоспа ретінде пайдалану құрылыс материалдарының өнімділігін айтарлықтай жақсартатын, олардың құнын төмендететін және өндірістің экологиялық тұрақтылығын арттыратын жоғары тиімді және экономикалық негізделген шешім болып табылатынын көрсетті.

Қорытынды. Екібастұз МАЭС гидрооқшаулау күлін тұтқыр және бетон құрамына қоспа ретінде пайдалану нәтижесінде олардың беріктігі, аязға төзімділігі және суды сіңіру сияқты физикалық-механикалық қасиеттерін жақсартуға қол жеткізуге болады. Сонымен қатар, күлді қолдану цемент сияқты дәстүрлі материалдарға деген қажеттіліктің төмендеуіне ықпал етеді, бұл бетон өндірісін үнемді және экологиялық тұрақты етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Калашников, В.И. Технология бетонов с добавками зол угольных ТЭС и их применение в строительстве [Текст] / В.И. Калашников, Т.Н. Иванова. – М.: Стройиздат, 2020. – 256 с.
2. Рогозин А.С. Использование отходов гидроудаления угля в строительных материалах [Текст] / А.С. Рогозин, Д.В. Белов // Материалы для строительства. – 2019. – № 3. – С. 45-51.
3. Зинченко, В.П. Пуццолановые свойства зол угольных электростанций и их влияние на свойства бетонов [Текст] / В.П. Зинченко, М.А. Николаев // Строительные материалы. – 2018. – № 6. – С. 101-107.
4. Абрамов А.К. Влияние зол угольных ТЭС на прочностные и долговечностные характеристики бетонов [Текст] / А.К. Абрамов, О.С. Михайлова // Вестник строительных наук. – 2017. – Т. 42. – № 2. – С. 89-95.
5. Siddique R. Utilization of fly ash in concrete: A review // Journal of Civil Engineering and Management. – 2011. – Vol. 17. – No. 3. – P. 129-135.
6. Bui Q.B., Duong T.L. Fly ash and its role in concrete production // Journal of Building Materials. – 2020. – Vol. 28, No. 4. – P. 310-317.
7. Шевченко А.Г. Модификация свойств бетонов с добавками зол гидроудаления угольных электростанций [Текст] / А.Г. Шевченко, С.Ю. Куликов // Технологии и конструктивные решения в строительстве. – 2015. – № 5. – С. 134-139.
8. Степанов И.П. Современные методы улучшения свойств бетонов с добавками зол [Текст] / И.П. Степанов, В.Г. Захаров // Вестник ВГУ. Серия: Строительство и архитектура. – 2014. – № 7. – С. 78-83.
9. Власова И.А. Микроструктура бетонов с добавками зол угольных ТЭС [Текст] / И.А. Власова, М.Л. Герасимова // Журнал строительных и архитектурных технологий. – 2017. – № 8. – С. 152-158.
10. [?] Экологическая эффективность использования золы угольных ТЭС в строительстве [Текст] // Экологические проблемы и решения. – 2022. – № 12. – С. 44-49.
11. ГОСТ 31108-2016. Цементы общестроительные. Технические условия [Текст]. – Введ. 2017-03-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 18 с.
12. ГОСТ 10181-2014. Смеси бетонные. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 28 с.

Материал редакцияға 02.03.25 түсті, 25.12.25 қабылданды.

С.Н. Кожиков[1], К. Жания[1]

[1]Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО И БЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛ ГИДРОУДАЛЕНИЯ ЭКИБАСТУЗСКОЙ ГРЭС

Аннотация. В статье рассматривается процесс оптимизации составов композиционного вяжущего и бетонов с использованием зол гидроудаления Экибастузской ГРЭС. Основное внимание уделено исследованию воздействия различных пропорций зол на физико-механические свойства бетонов, таких как прочность, долговечность и морозостойкость. Описание экспериментальных данных позволяет оценить эффективность использования зол гидроудаления в качестве добавки в составы вяжущих материалов и бетонов, что способствует снижению затрат на производство строительных материалов и решению экологических проблем, связанных с утилизацией отходов электростанций. Приведены результаты анализа оптимальных соотношений компонентов, которые обеспечивают улучшенные эксплуатационные характеристики бетонных конструкций. Статья демонстрирует перспективность применения зол гидроудаления как альтернативного компонента для создания высококачественных бетонных смесей и устойчивых строительных материалов.

Ключевые слова: ГРЭС, зола, композиционные материалы, пуццолан.

S.N. Kozhikov[1], K. Zhaniya[1]

[1]Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

OPTIMIZATION OF COMPOSITIONS OF COMPOSITE BINDERS AND CONCRETE USING ASH FROM THE HYDRO-REMOVAL PROCESS AT EKIBASTUZ GRES

Abstract. The article discusses the development of compositions of composite binders and products based on them using the ash of the Ekibastuz thermal power plant. The properties of ash as an additive in cement and concrete mixtures are investigated. The results of experiments on optimizing the composition of binders to improve their mechanical characteristics and durability are presented. The ash of the Ekibastuz thermal power plant is used as an active mineral component that helps reduce production costs and reduce the negative impact on the environment. The physicochemical properties of the obtained materials, their structure and phase composition are analyzed. The results of the research demonstrate the possibility of significantly increasing the strength, water resistance and frost resistance of products made of composite materials when using ash in the composition of binders. In conclusion, recommendations are offered for the introduction of the developed formulations into industrial production.

Keywords: CHP, ash, composite materials, pozzolan.

References

1. Kalashnikov V.I., Ivanova T.N. Tekhnologiya betonov s dobavkami zol ugol'nykh TES i ikh primenenie v stroitel'stve [Technology of concretes with coal-fired TPP fly ash additives and their application in construction]. – Moscow: Stroyizdat, 2020. – 256 p. [in Russian].
2. Rogozin A.S., Belov D.V. Ispol'zovanie otkhodov gidroudalenia uglya v stroitel'nykh materialakh [Use of coal hydraulic ash removal wastes in construction materials] // Materials for Construction. – 2019. – No. 3. – P. 45-51. [in Russian].
3. Zinchenko V.P., Nikolaev M.A. Putstsolanovye svoystva zol ugol'nykh elektrostantsiy i ikh vliyanie na svoystva betonov [Pozzolanic properties of coal

power plant fly ash and their influence on concrete properties] // Construction Materials. – 2018. – No. 6. – P. 101-107. [in Russian].
4. Abramov A.K., Mikhailova O.S. Vliyanie zol ugol'nykh TES na prochnostnye i dolgovechnostnye kharakteristiki betonov [Influence of coal-fired TPP fly ash on strength and durability characteristics of concrete] // Bulletin of Construction Sciences. – 2017. – Vol. 42. – No. 2. – P. 89-95. [in Russian].
5. Siddique R. Utilization of fly ash in concrete: A review // Journal of Civil Engineering and Management. – 2011. – Vol. 17. – No. 3. – P. 129-135.
6. Bui Q.B., Duong T.L. Fly ash and its role in concrete production // Journal of Building Materials. – 2020. – Vol. 28, No. 4. – P. 310-317.
7. Shevchenko A.G., Kulikov S.Yu. Modifikatsiya svoystv betonov s dobavkami zol gidroudalenia ugol'nykh elektrostantsiy [Modification of concrete properties with additions of hydraulically removed coal ash] // Technologies and Structural Solutions in Construction. – 2015. – No. 5. – P. 134-139. [in Russian].
8. Stepanov I.P., Zakharov V.G. Sovremennye metody uluchsheniya svoystv betonov s dobavkami zol [Modern methods for improving properties of concretes with fly ash additives] // Bulletin of Voronezh State University. Series: Construction and Architecture. – 2014. – No. 7. – P. 78-83. [in Russian].
9. Vlasova I.A., Gerasimova M.L. Mikrostruktura betonov s dobavkami zol ugol'nykh TES [Microstructure of concretes with coal-fired TPP fly ash additives] // Journal of Construction and Architectural Technologies. – 2017. – No. 8. – P. 152-158. [in Russian].
10. [?] Ekologicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya zoly ugol'nykh TES v stroitel'stve [Environmental efficiency of using coal-fired TPP fly ash in construction] // Environmental Problems and Solutions. – 2022. – No. 12. – P. 44-49. [in Russian].
11. GOST 31108–2016. Tsementy obshchestroitel'nye. Tekhnicheskie usloviya [Cements for general construction purposes. Technical specifications]. – Introduced 2017-03-01. – Moscow: Standartinform, 2019. – 18 p. [in Russian].
12. GOST 10181–2014. Smesi betonnye. Metody ispytanii [Concrete mixes. Test methods] – Introduced 2015-07-01. – Moscow: Standartinform, 2015. – 28 p. [in Russian].

ҒТАМР 64.33.81

А.К. Жаппарова[1] – *негізгі автор*, ©
С.Б. Байжанова[2], К.Д. Кожабергенова[3], Г. Жарқымбекқызы[4]

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

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-2452-017X [2]https://orcid.org/0000-0001-6963-5299*
[3]https://orcid.org/0000-0003-2589-3119 [4]https://orcid.org/0009-0002-9517-0792

[1,2,4]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан
[3]Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан

@ *[1]ak.zhapparova@dulaty.kz*

https://doi.org/10.55956/XLXN5630

МЕКТЕП ФОРМАСЫНА АРНАЛҒАН МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЭРГОНОМИКАЛЫҚ ТАЛАПТАРЫН ЕСЕПКЕ АЛА ОТЫРЫП, ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада киімнің эргономикасын анықтайтын костюм маталарының деформациялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері берілген. Балалардың дене белсенділігі мектеп формасын жобалау кезінде ескерілуі қажет. Бұл түрдегі киімдердің ыңғайлылығы олардың конструкциясына ғана емес, сонымен қатар пайдаланылған маталардың қасиеттеріне де байланысты. Бұл жұмыстың мақсаты бірнеше сынау әдістерін қолдана отырып, костюмдік маталардың деформациялануын талдау және олардың мектеп формасына жарамдылығын анықтау болды. Зерттеуге костюмдік маталардың екі тобы таңдалды: бірінші топқа Қазақстанда мектеп формасына қолданылатын полиэфирлі маталар; екінші топқа Литва тігін фабрикаларынан алынған және ерлер костюмдеріне қолданылатын маталар алынды. Тексерілген матаның деформациялану қабілеті бірнеше сынақтар арқылы бағаланды. Балалар киімін жобалау кезінде қажетті деректер мен ақпараттардың негізінде әртүрлі параметрлерге сай киім үлгілерінің түрлері анықталып, эргономикалық тұрғыдан қолайлы модельдер ұсынылды.

Тірек сөздер: эргономика, деформация, мектеп формасы, костюм, үзілу, ұзару, тозуға төзімділік, ауа өткізгіштік.

Жаппарова, А.К. Мектеп формасына арналған материалдардың эргономикалық талаптарын есепке ала отырып, деформациялық қасиеттерін зерттеу [Мәтін] / А.К. Жаппарова, С.Б. Байжанова, К.Д. Кожабергенова, Г. Жарқымбекқызы //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.212-220. https://doi.org/10.55956/XLXN5630

Кіріспе. Қазақстандағы мектеп формасы міндетті киім түрі болып табылады. Мектеп формасы оқушылардың сыртқы келбетін реттеп қана қоймай, олардың тәртібін, әлеуметтік теңдігін және мектептің имиджін қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Осылайша, мектеп формасы корпоративтік киімнің бір түрі болып табылады және оның мақсатына негізделген эстетикалық және эргономикалық талаптарға сәйкес келуі ғана емес, сонымен қатар осы оқу орнының символикасы мен корпоративтік стилін де көрсетуі тиіс деп айтуға болады [1].

Мектеп жасындағы балаларға арналған мектеп формасының өзіндік ерекшелігі бар және жобалаудың күрделі объектісі болып табылады. Оның эргономикалығына ерекше мән беріледі. Бастауыш мектеп жасындағы балалар қозғалғыштығы мен ерекшеленеді, соның салдарынан мектеп формасы пайдалану объектісі ретінде 6-7 сағат ішінде елеулі және әртүрлі жүктемелер мен әсерлерді сезінеді.

Әрбір киімнің функциялары кию жағдайлары мен киетін әрекеттерге байланысты. Мектеп формасы ресми киім болып табылады. Олар эстетикалық болуы керек, кез келген ауа-райында ыңғайлы болуы керек және адамның физикалық белсенділігін шектемеуі керек. Бастауыш мектеп формасына келетін болсақ, көп жағдайда олар формальды емес және белсенді ойынға көбірек әсер етеді [2]. Алайда климаты суық елдерде балалар типтік конструкциядағы костюмдер киеді. Сондықтан физиологиялық және психологиялық қасиеттерімен бірге жеткілікті деформацияланатын және балалардың оңай қозғалуына мүмкіндік беретін қолайлы маталар мен олардың жүйелерін таңдау өте маңызды. Демек, киім бөлшектерінің қозғалғыштығы оның құрылымына, матаның деформациялану дәрежесіне және киімнің еркін қону дәрежесіне байланысты. Пиджак немесе шалбардың киімнің өнімділік параметрлеріне әсері зерттеу жұмыстарында талданған. Сондай-ақ костюмнің ыңғайлылығын арнайы муляждар немесе адам денесінің жасанды бөліктері, мысалы, жасанды қол арқылы талдауға болады. Мектеп формасы үшін әртүрлі тоқыма материалдары пайдаланылғанымен, олар көбінесе тоқылған және салыстырмалы түрде тұрақты [3,4]. Сондықтан мектеп формасына арналған киімдер кеңірек жасалған. Әдебиеттік талдауға сәйкес мектеп формасының сапасы көбінесе матаның физика-механикалық қасиеттерімен сипатталады. Бұл сипаттамалардың ауқымы салыстырмалы түрде кең және жұмыстың мақсатына, киім түріне және қоршаған ортаға байланысты. Сондықтан зерттеулерде созылу, үзілу кезіндегі ұзару, тозуға төзімділік, ауа өткізгіштік, жууға төзімділік, суды сіңіру, шөгу, су өткізбеу, қыртыстарды қалпына келтіру және жылу қасиеттері сияқты сипаттамалар қолданылады. Бұл қасиеттерге талшықтардың құрамы мен матаның құрылымы әсер етеді. Мектеп формасына жүн, полиэфир, вискоза, эластан сияқты әртүрлі талшықтардан жасалған маталар және олардан жасалған қоспалар қолданылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Тараз қаласындағы мектептерде жүргізілген эргономикалық зерттеулер бастауыш мектеп жасындағы балаларға тән типтік қозғалыстар мен қалыптарды анықтады. Қозғалыс кезінде мектеп формасының материалдарында созылу, қырқу, иілу деформациялары жиі кездесетіні анықталды. Сонымен қатар, бұл деформациялардың қарқындылығы мен бағыты киімнің әртүрлі бөліктерінде өзгереді. Жұмысқа жақын жүктемелердегі деформацияларды зерттеу үшін қазіргі уақытта KAWABATA (KES-FB) немесе FAST [5,6] жүйелері қолданылады. Бұл жүйені қолдана отырып, материалдың жүктеме кезіндегі қасиеттерін ғана емес, сонымен қатар оның релаксация кезіндегі әрекетін де анықтауға болады. Әр үлгіге алты қайталау орындалды және орташа мәндер есептелді. Вариация коэффициенті 10,4%-дан асады.

Бұл зерттеудің мақсаты киімдегі матаның нақты деформациясын ескере отырып, әртүрлі әдістерді қолдана отырып, мектеп формасына қолданылатын костюм маталарының деформациялық сипаттамаларын талдау болып табылады.

Бұл жұмыста костюмдер үшін пайдаланылған және екі түрлі көзден алынған жеті түрлі тоқылған мата пайдаланылды. Тексерілген маталардың негізгі сипаттамалары 1-кестеде көрсетілген. Қазақстанда мектеп формасы үшін 100% полиэфирлі талшықтан жасалған К1, К2 және К3 маталары қолданылады. Қалған костюмдер литвалық фабрикалардан таңдалды.

Материалдардың иілу қаттылығы KES-FB2 аспабының көмегімен жүргізілді.Матаның таза иілу KES-FB2 құралы арқылы анықталды [7]. Негіз және арқау бағытында кесілген үлгілер қолданылды. Иілу қаттылығы ВК бағаланды. Мата табиғаты бойынша жоғары анизотропты екені белгілі. Тексерілген матаның біркелкілігін бағалау үшін иілу қаттылығының екі нәтижесі ВК пайдаланылды.

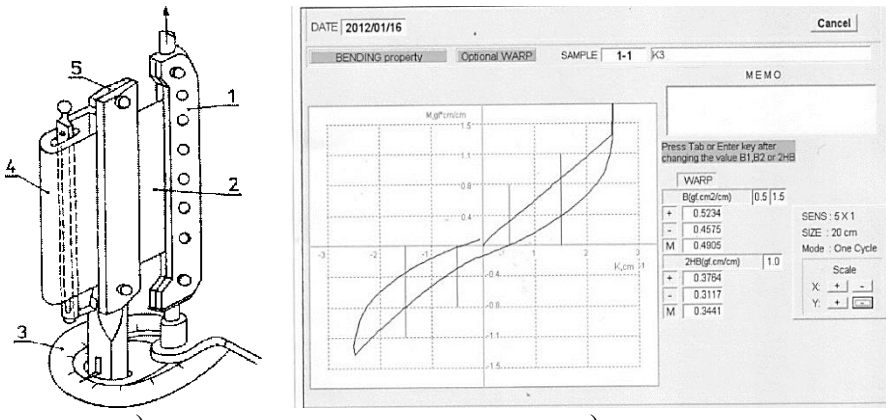
Кесте 1

Зерттелетін маталардың сипаттамалары

Белгіленуі	Беттік тығыздығы g/м^2,	Шикізат құрамы	Қалыңдығы, мм	айқаспа	Тығыздық *P*, см$^{-1}$	
					негіз	арқау
К1	251	100% PES	0,64	2/2 саржа	36	31
К2	195	100% PES	0,47	полотналық	26	22
К3	387	100% PES	0,92	туынды саржалық	81	30
Н4	171	100% жүн	0,32	2/2 саржалық	37	31
Н5	195	100% жүн	0,48	2/2 саржевое	42	35
Н6	179	100% жүн	0,29	полотналықе	35	32
Н7	187	50% мақта 50% зығыр	0,34	2/1 саржалық	27	24

Ескертпе: PES – Полиэфирлі талшық.

Олар үлгі бір (+) және басқа (-) жағынан бүгілгеннен кейін анықталады. Иілу деформациясынан қалпына келтіруді көрсететін 2HB сипаттамалары да анықталды. Бұл ретте материалдарды иілу екі жаққа да жүргізілді: теріс және оң жаққа, сондықтан $B_к$-ның екі сипаттамасы алынды, шартты түрде (+) және (-) белгісімен белгіленді (1-сурет).



а) ә)

1 – тұрақты қысқыш; 2 – мата үлгісі; 3 – жылжымалы қысқыш; 4, 5 – мата резервінің жинақтаушысы.

Сурет 1. а) KES-FB2 құралының схемасы; ә)Матаны иілген және түсіргеннен кейін компьютер экранында алынған нәтижелері

Матаның таза иілу KES-FB2 құралы арқылы анықталды [7]. Негіз және арқау бағытында кесілген үлгілер қолданылды. Иілу қаттылығы ВК бағаланды. Мата табиғаты бойынша жоғары анизотропты екені белгілі. Тексерілген матаның біркелкілігін бағалау үшін иілу қаттылығының екі нәтижесі ВК пайдаланылды. Олар үлгі бір (+) және басқа (-) жағынан бүгілгеннен кейін анықталады. Иілу деформациясынан қалпына келтіруді көрсететін 2НВ сипаттамалары да анықталды. Бұл ретте материалдарды иілу екі жаққа да жүргізілді: теріс және оң жаққа, сондықтан $В_к$-ның екі сипаттамасы алынды, шартты түрде (+) және (-) белгісімен белгіленді (22-сурет). Иілу кедергісі матаны бір жаққа 90°С және екінші жаққа 90°С кезінде өлшенді.

В мәні неғұрлым жоғары болса, материалдың иілу кедергісі де көбірек болады.Таңдалған маталардың физикалық сипаттамаларын тереңірек зерттеу үшін олардың қаттылығы да FAST әдістемесі бойынша анықталған [6,7]. Бұл үшін көлбеу жазықтығы бар қарапайым құрал пайдаланылды (2а сурет). Үлгілердің өлшемі 15×5см. Үш бағыт бойынша қаттылық анықталды: негіз, арқау және 45°. Иілудегі қаттылық $В_F$ мына формула бойынша анықталған:

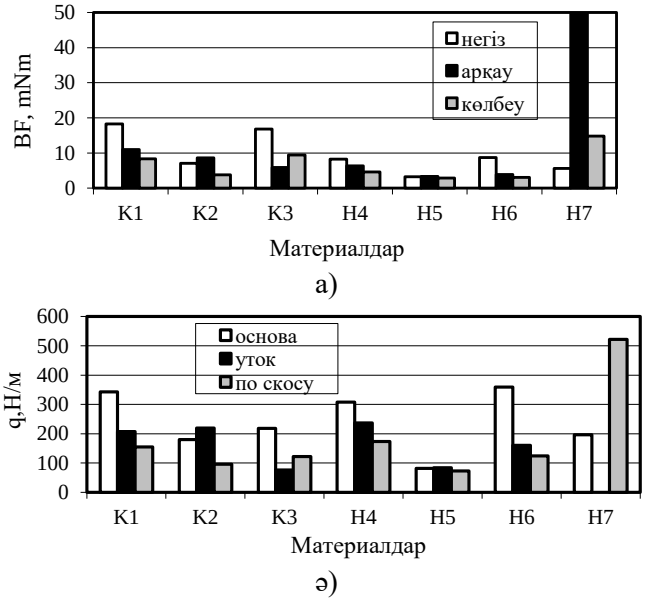
$$B_F = w \cdot c^3 \cdot 9.81^{-6}, \text{ мкНм} \quad (1)$$

мұндағы: w – материалдың беттік тығыздығы, г/м^2, c – тығынның салбырап тұрған бөлігі ұзындығының жартысы, мм.

Материалдың қаттылығы көп жағдайда оның қалыңдығына (t) байланысты екені белгілі. Сондықтан, жұмыста (q) иілу модулі орнатылды:

$$q = \left(12 \cdot B_F \cdot x \cdot 10^3\right) / t^3, \text{ Н/м}^2 \quad (2)$$

FAST әдісі бойынша алынған $В_F$ материалдарының иілу қаттылығының нәтижелері 2-суретте берілген



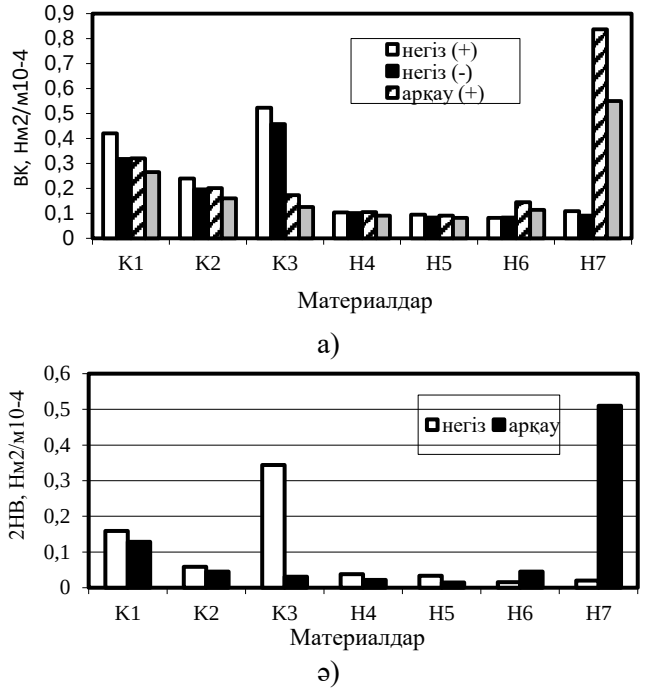
Сурет 2. FAST әдістемесі бойынша алынған материалдардың (а) B_F иілу қаттылығы және (ә) q иілу модулі

Эксперимент зерттелетін материалдар үшін B_F сипаттамасы 2,9-49,6 мкНм шегінде ауытқығанын көрсетті. B_F сипаттамасының көлеміне байланысты, FAST жүйесін жасаушылар жүн маталарын үш топқа бөлуді ұсынады: жұмсақ, егер $B_F < 5$ мкНм; орташа қаттылық, егер $5\mu Nm \leq B_F \leq 14$ мкНм; қатты, егре $B_F > 14$ мкНм.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Нәтижелер екі негізгі бағыттағы қаттылыққа байланысты (негіз және арқау) зерттелетін маталар үш топтың біріне жататынын көрсетті. H5 материалы жұмсақ деп сипатталуы мүмкін, ал K2 және H4 маталары орташа қаттылық болып саналады. Ал қалған материалдарды тек бір бағытта орташа қаттылық ретінде жіктеуге болады, сонымен қатар басқа бағыттағы қаттылығы басқа қаттылық тобына түседі. Мысалы, H6 материалы негіз бойынша орташа қаттылық, ал арқау бойынша жұмсақ. K1 және K3 материалдары арқау және негіз бойынша орташа қаттылықта. Ең жоғары қаттылық нәтижесі арқау бағыты бойынша M7 матасы үшін табылды, бұл зығыр талшықтарының болуына байланысты.

Негіз бағыты бойынша жоғары тығыздық, сондай-ақ K1 және K3 материалдарының қалыңдығының жоғарылауы олардың иілуге төзімділігін арттырады. Айта кету керек, көп жағдайда құрылымы мен айқаспаға байланысты диагональды бағыттағы маталардың қаттылығы төмен болады.

Бұл зерттеудің нәтижелері бұл ережеден кейбір ауытқуларды анықтады. K3 матасының 45° бағытындағы иілу қаттылығы арқау бағытына қарағанда 37,2%-ға жоғары, ал H7 матасында иілу бағытына қарағанда 2,6%-дан асады. Бұл нәтижелерді негіз және арқау бойынша осы маталардың B_F сипаттамаларының үлкен айырмашылығымен түсіндіруге болады. Зерттелетін материалдардың көпшілігі үшін иілу модулі q 100 Н/м-ден асатыны, тек ең жұмсақ материал H5 үшін барлық үш бағытта да төмен болатыны анықталды (негізу, арқау және 45°).



Сурет 3. KES-FB2 құралын қолдану кезінде анықталған материалдардың (а) иілуде қаттылығы B_K және (ә) *2HB* релаксация дәрежесінің сипаттамасы

Н7 материалының арқау бағытында q сипаттамасы оның үлкен мәніне байланысты 3а-суретте көрсетілген. Ол 1751,3 Н/м^2 жетеді. B_K иілу қаттылығын зерттеу бойынша эксперименті нәтижелердің вариация диапазоны айтарлықтай үлкен және 0,082 және 0,84 Нм^2/м 10^{-4} арасында ауытқитынын көрсетті. Сондай-ақ, маталардың бірінші тобының (К1, К2, К3) иілу қаттылығының нәтижелері арқау бағыттағы М7 материалын қоспағанда, екінші топқа қарағанда әлдеқайда жоғары екенін атап өтуге болады.

Бұл аздаған деформация кезінде де осы материалдың иілуіне кедергі айтарлықтай жоғары екенін көрсетеді. Сонымен қатар, 0,08-0,1 Нм^2/м 10^{-4}-ке жеткен Н4, Н5 және Н6 материалдары үшін $B_к$ төмен сипаттамаларына қарамастан, басқа ғалымдар әлі де төмен қаттылық көрсеткіштері бар костюм маталарын зерттегенін атап өту қажет [7-9].

KES-FB2 құралы үлгіні екі жаққа да иілуге мүмкіндік беретіндіктен: оң және теріс жаққа 0,5 см-1/сек жылдамдықта бірізді және біркелкі, онда материалдардың анизотроптығы айқындалды (3 ә сурет).

Алынған нәтижелер айтарлықтай кең ауқымда: 1,5-тен 34,3-ке дейін ерекшеленуі мүмкін екені анықталды. НВ4, НВ5 және НВ6 маталары ең біркелкі болып шықты, Үлгіні бір және екінші жаққа иілген кезінде нәтижелердің үлкен айырмашылығы Н7 матасы үшін арқау бағыты бойынша, сондай-ақ К3 және К1 маталары үшін негіз бағыты бойынша белгіленген. Қатты материалдардың біркелкі еместігін атап өту қажет.Иілудің бірінші кезеңінде ((+) бағыты), материал құрылымы тұрақсызданады, сондықтан екінші кезеңде (бағыт (-)), материал құрылымы неғұрлым жылжымалы және осылайша соғұрлым жұмсақ болып табылады. Алынған нәтижелер осы әсерді растайды: (+) бағыты бойынша олар (-) бағытына қарағанда жоғары.

2НВ сипаттамасы материалдың релаксациялық қасиеттерін, яғни оның серпімділігін көрсетеді. Сипаттаманың мәні неғұрлым аз болса, материалдың серпімділігі соғұрлым жоғары болады: негіз бағыты бойынша К3 және арқау бағыты бойынша Н7 маталары неғұрлым төмен серпімділікпен ерекшеленеді, ал екінші топқа жататын Н4, Н5 және Н6 маталары жақсы серпімділігімен ерекшеленеді [9].

Осылайша, жүргізілген зерттеулердің нәтижелері материалдардың деформациялық қасиеттері мектеп формасының ыңғайлылығы мен эргономикасын қамтамасыз ету үшін ең маңызды екенін растады.

Эксплуатациялық жүктемелеріне жақын әртүрлі деформацияларды зерттеу үшін KAWABATA (KES-FB) және FAST жүйелері қолданылды. Бұл жүйенің көмегімен матаның қасиеттері анықталды. Экспериментке талшық құрамы мен айқаспасы әртүрлі жеті мата үлгісі таңдалды, оның үшеуі Қазақстан Республикасында мектеп формасын тігуде қолданылған маталар болды. Костюм мата үлгілері созылу, жылжу және иілу қаттылығы бойынша сыналған. Зерттеулер Каунас технологиялық университетінің зертханаларында және Францияда Жоғары Эльзас университетіндегі Physique et Mécanique Textiles LPMT EAC 7189 CNRS-UHA зертханасында жүргізілді.

Қазақстан Республикасында мектеп формасын дайындау үшін пайдаланылатын мата үлгілері иілуге кедергінің жеткілікті жоғары деңгейін, жақсы анизотроптығы мен серпінділігін көрсетті. Бұдан басқа, эксперименттік зерттеулердің нәтижелері иілу кезіндегі қаттылықтың ең жоғары көрсеткіштерінде саржалық айқаспалы маталар бар екенін растады. ҚР-даналынған барлық үлгілер орташа қаттылықтағы маталар тобына жатқызылған. Мектеп формасына арналған материалдарға қойылатын

талаптарға көбінесе К2 үлгісі сәйкес келеді – бұл құрамында полиэфирталшықты және полотналық айқаспалы.

Қорытынды. Осылайша жүргізілген зерттеулер кіші мектеп жасындағы оқушыларына арналған мектеп формасын дайындауда қолданылатын материалдарды олардың эргономикасын айқындайтын деформациялық қасиеттері бойынша саралауға мүмкіндік берді. Бұл өз кезегінде бұйымдарды жобалау және еркін қонымдылыққа арналған қосымшаларды оңтайландыру бойынша ұсынымдар әзірлеуге негіз болды. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері иілу кезіндегі қаттылықтың ең жоғары көрсеткіштерінде саржалық айқаспалы маталар бар екенін растады. ҚР-дан алынған барлық үлгілер орташа қаттылықтағы маталар тобына жатқызылған. Мектеп формасына арналған материалдарға қойылатын талаптарға көбінесе К2 үлгісі сәйкес келеді – бұл құрамында полиэфир талшықты және полотналық айқаспалы.

Әдебиеттер тізімі

1. Асанова, А.Е. Разработка технологии проектирования детской одежды на основе антропометрических обследований детских фигур в Казахстане [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / А.Е. Асанова. – Алматы, 2005.
2. Куатбекова, Л.К. Совершенствование методов проектирования промышленной коллекции с учетом потребительского спроса населения и новизны моделей [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / Л.К. Куатбекова. – Москва, 1988. – 28 с.
3. Мациевская, Ю.А. Разработка метода эргономического проектирования школьной одежды [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.19.04 / Ю.А. Мациевская. – Москва, 2007. – 23 с.
4. Бескоровайная, Г.П. Проектирование детской одежды [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г.П. Бескоровайная, С.В. Куренова. – М.: Академия, 2002. – 96 с.
5. Bahadir Ünal, Z., Yildiz, E. Z., Özdil, N. A Study on Analysis and Improvement of Trouser Fabrics used for Primary School Uniforms // Tekstil ve Konfeksiyon. – 2011. – No. 3. – P. 244-248.
6. Bilen U., Kurumer G. A Research on Measurement of Fabric Deformation in Garments // Proceedings of conference AUTEX2011, 8-10 June, Mulhouse, France. – 2011. – P. 1211-1214.
7. Kawabata S. The Standardisation and Analysis of Hand Evaluation. – Japan: The Textile Machinery Society of Japan, 1980.
8. Çoruh M., Vural T., Çoruh E. A Scale Development Study to Evaluate the Physical Comfort of Denim Jeans // Tekstil ve Konfeksiyon. – 2011. – No. 1. – P. 77-81.
9. Maliszewska D., Masteikaitė V., Sacevičienė V. Investigation of Women's Trousers Deformation // Innovations in Clothes and Footwear, Technical University of Radom, Monographic series. – 2010. – Vol. XIII. – P. 347-362.

Материал редакцияға 30.09.25 түсті, 13.12.25 қабылданды.

А.К. Жаппарова[1], С.Б. Байжанова[1], К.Д. Кожабергенова[2], Г. Жаркымбеккызы[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан
[2]Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ШКОЛЬНОЙ ФОРМЫ С УЧЁТОМ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования деформационных свойств костюмных тканей, определяющих эргономические характеристики одежды. При проектировании школьной формы необходимо учитывать физическую активность детей. Удобство данного типа одежды зависит не только от её конструкции, но и от свойств используемых материалов. Целью работы являлся анализ деформационных свойств костюмных тканей с применением различных методов испытаний и определение их пригодности для изготовления школьной формы. Для исследования были выбраны две группы костюмных тканей: первая группа – полиэфирные ткани, используемые в Казахстане для школьной формы; вторая группа – ткани, полученные с швейных фабрик Литвы и применяемые для пошива мужских костюмов. Деформационные свойства тканей оценивались с помощью ряда испытаний. На основе полученных данных при проектировании детской одежды были определены типы моделей, соответствующие различным параметрам, и предложены эргономически удобные варианты.

Ключевые слова: эргономика, деформация, школьная форма, костюм, разрыв, удлинение, износостойкость, воздухопроницаемость.

A.K. Zhapparova[1], S.B. Baizhanova[1], K.D. Kozhabergenova[2], G. Zharkymbekkyzy[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan

STUDY OF DEFORMATION PROPERTIES OF MATERIALS FOR SCHOOL UNIFORMS CONSIDERING ERGONOMIC REQUIREMENTS

Abstract. This article presents the results of a study on the deformation properties of suiting fabrics that determine the ergonomic characteristics of clothing. When designing school uniforms, it is essential to take into account children’s physical activity. The comfort of this type of clothing depends not only on its construction but also on the properties of the materials used. The aim of the study is to analyze the deformation properties of suiting fabrics using various testing methods and to determine their suitability for the production of school uniforms. Two groups of suiting fabrics were selected for the research: the first group consisted of polyester fabrics used in Kazakhstan for school uniforms; the second group consisted of fabrics obtained from Lithuanian sewing factories and used for men’s suits. The deformation properties of the fabrics were evaluated through a series of tests. Based on the obtained data, model types corresponding to various parameters were determined during the design of children's clothing, and ergonomically comfortable options were proposed.

Keywords: ergonomics, deformation, school uniform, suit, rupture, elongation, wear resistance, air permeability.

References

1. Asanova A. E. Razrabotka tekhnologii proektirovaniya detskoy odezhdy na osnove antropometricheskikh obsledovaniy detskikh figur v Kazakhstane [Development of Technology for Designing Children's Clothing Based on Anthropometric Surveys of Children's Figures in Kazakhstan]: Abstract of Cand. Tech. Sci. Dissertation. – Almaty, 2005. [in Russian].
2. Kuatbekova L. K. Sovershenstvovanie metodov proektirovaniya promyshlennoy kollektsii s uchetom potrebitelskogo sprosa naseleniya i novizny modeley [Improvement of Methods for Designing Industrial Collections Considering Consumer Demand and Model Novelty]: Abstract of Cand. Tech. Sci. Dissertation. – Moscow, 1988. – 28 p. [in Russian].
3. Matsievskaya Yu. A. Razrabotka metoda ergonomicheskogo proektirovaniya shkolnoy odezhdy [Development of a Method for Ergonomic Design of School Clothing]: Abstract of Cand. Tech. Sci. Dissertation: 05.19.04 / Yu. A. Matsievskaya. – Moscow, 2007. – 23 p. [in Russian].
4. Beskorovaynaya, G.P., Kurenova, S.V. Proektirovanie detskoy odezhdy [Designing Children's Clothing]: Textbook for Higher Education Students. – Moscow: Akademiya, 2002. – 96 p. [in Russian].
5. Bahadir Ünal, Z., Yildiz, E. Z., Özdil, N. A Study on Analysis and Improvement of Trouser Fabrics used for Primary School Uniforms // Tekstil ve Konfeksiyon. – 2011. – No. 3. – P. 244-248.
6. Bilen U., Kurumer G. A Research on Measurement of Fabric Deformation in Garments // Proceedings of conference AUTEX2011, 8-10 June, Mulhouse, France. – 2011. – P. 1211-1214.
7. Kawabata S. The Standardisation and Analysis of Hand Evaluation. – Japan: The Textile Machinery Society of Japan, 1980.
8. Çoruh M., Vural T., Çoruh E. A Scale Development Study to Evaluate the Physical Comfort of Denim Jeans // Tekstil ve Konfeksiyon. – 2011. – No. 1. – P. 77-81.
9. Maliszewska D., Masteikaitė V., Sacevičienė V. Investigation of Women's Trousers Deformation // Innovations in Clothes and Footwear, Technical University of Radom, Monographic series. – 2010. – Vol. XIII. – P. 347-362.

IRSTI 64.29.15

E.T. Mukhametshina[1] – *main author*,
R.M. Muradov[2]

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

[1]*https://orcid.org/0000-0002-2945-8440* [2]*https://orcid.org/0000-0002-0443-2244*

[1,2]*Namangan state technical university,*
Namangan, Uzbekistan

[1]*mukhammadiyeva94@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/FWRA3221

ANALYSIS OF RESEARCH ON IMPROVING THE SEPARATOR AS A COMPONENT OF THE COTTON AIR-ASSISTED TRANSPORTATION DEVICE

Abstract. The article presents an analysis of scientific research conducted on improving the separator, which is the main element of the air-drying device for cotton ginning. It is known that the separator is used to separate the cotton seeds from the air stream. In addition, it has been studied that during the separation of cotton raw materials, as a result of hitting the upper shell, high forces are exerted during separation from the mesh surfaces and during the passage of cotton raw materials through the vacuum valve , which in turn causes damage to the seeds and fibers. The scientific research shows the need to improve the design of the main elements of air-transporting devices in order to avoid damage to the seeded cotton and its products in order to obtain high-quality fibers.

Keywords: pneumatic transport system, transport process, separator, raw material, air-assisted transport device, efficiency, separation, pressure, pneumatic separator, vacuum valve, separation process.

Mukhametshina E.T., Muradov R.M. Analysis of research on improving the separator as a component of the cotton air-assisted transportation device //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.4(90). – P.221-228. https://doi.org/10.55956/FWRA3221

Introduction. The high quality of cotton fiber and its products produced by cotton ginning, textile and light industry enterprises, meeting the requirements of world standards, is the main factor in their demand in the world market. In recent years, as a result of the implementation of comprehensive measures to develop the textile and garment and knitting industry in our country, and to support the investment and export activities of enterprises in the sector, 45 percent of the cotton fiber and yarn produced in the republic are being processed, and the annual export potential of the sector has exceeded $ 3.2 billion. In the world, cotton fiber is one of the main raw materials for the textile industry. According to the International Consultative Committee (ICAC), the top five exporters of cotton fiber include the USA, India, Australia, Brazil and Uzbekistan, and the importers are Bangladesh, Vietnam, China, Turkey and Indonesia. Special attention is paid to the sustainable development of cotton ginning enterprises, the development of technical means and technologies at the enterprises of the sector, increasing the level of efficient use of production capacities, and the production of high-quality

competitive products in the world cotton market. In this regard, special attention is paid to the improvement of highly efficient cotton ginning machinery and the creation of resource-saving technologies at world cotton ginning enterprises [1-4].

In cotton ginning enterprises, pneumatic transportation of cotton is very common, mainly by air, and is used to transport cotton with a grain between departments and within departments. The main reason for the widespread use of pneumatic transportation is that it does not destroy the grain cotton, in addition, this device is compact, and its pipes can be installed in any direction at the enterprise and cotton preparation points [5].

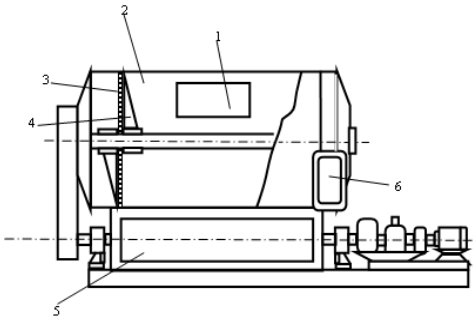
Also, the main reason for the widespread use of the air-transporting device is its reliable operation, minimal material loss during cotton transportation, the compactness of the device, the possibility of its use in places that are inconvenient and narrow for mechanical transport vehicles, and its ease of maintenance and repair. In addition, transporting cotton with an air stream contributes to the fluffing of cotton and the loss of a certain amount of moisture. Also, in the process of separating cotton from air, the preliminary cleaning of cotton from small impurities and dust is ensured [6].

Literature Review. Pneumatic transport is connected to a continuous technological process in all departments of the enterprise, and its normal operation greatly affects the productivity of the departments of the enterprise. During the transportation of cotton seeds in a pneumatic transport device, cotton mixed with air is separated using a separator, that is, the main task of the separator is to separate cotton seeds from the air while preserving the natural properties of cotton.

Many scientists have conducted research on the separator equipment, which is one of the main elements of the device for transporting cotton seeds using an air stream. As mentioned above, the separator is used to separate cotton seeds coming from the air stream [7].

Pneumatic transport devices are equipped with separators that serve to separate the transported cotton raw material from the air. The cotton separation part is performed on a mesh surface made of steel material. A certain part of the cotton raw material sticks to the mesh surface under the influence of the air flow, and the elastic material-coated rollers are separated from the mesh surface and the separated cotton raw material is discharged into the vacuum valve. In the separator, in addition to the impact on the front wall of the cotton raw material, it also rubs against the mesh surface, where damage to the seeds and fibers occurs [8].

Many scientists have conducted research on the process of separating cotton from the air flow carrying it, using a separator machine, which is one of the main elements of the device for transporting raw materials using an air flow. The separator separates cotton from dusty air and partially cleans it of fine impurities. The SS-15A separator is widely used in the technological process of cotton ginning enterprises. A number of scientific studies have been conducted by scientists and specialists in the field to improve the design of separators [9]. Figure 1 shows a diagram of the SS-15A separator.



1 – inlet pipe; 2 – separation chamber; 3 – grid surface; 4 – strainer; 5 – vacuum valve; 6 – air suction pipe.

Fig. 1. SS-15A brand separator

The separator consists of an inlet short pipe (1), a separation chamber (2), a mesh surface (3), a damper (4), a vacuum valve (5) and an air suction pipe (6). When the separator is operating, the cotton is transported to the separation chamber (2) through the short pipe (1). The speed of the cotton in the chamber decreases significantly and the main part of the cotton moves straight under the influence of inertial force, hits its wall and falls to the vacuum valve under the influence of its own weight. A smaller part, under the influence of the air flow, moves to the mesh surface (3) and closes. The cotton stuck to the mesh surface is separated by the damper (4) and transferred to the vacuum valve. With the help of the air flow, small impurities are sucked through the mesh surface using the pipe (6). The efficient operation of the separator also depends on the process between the damper and the mesh surface. If the separator cleans the mesh surface in a timely manner, the air flow will accelerate. In studies [10], it was observed that cotton bundles formed around the separator shaft during the separation of cotton stuck to the mesh surface. The separator is able to clean the stuck part of the cotton on the mesh surface within a radius of 200 mm by rotating it two or three times. Considering that the separation process is continuous, it can be seen that cotton always sticks to a larger part of the mesh surface. This leads to an increase in the hydraulic resistance of the separator and a reduction in the radius of action of the air-driven conveying device.

Shamsutdinov T.O. [11], based on the results of the conducted research, scientifically substantiated the fact that cotton separation occurs at an angle of rotation of 135º, while the flow velocity is 16 m/s.

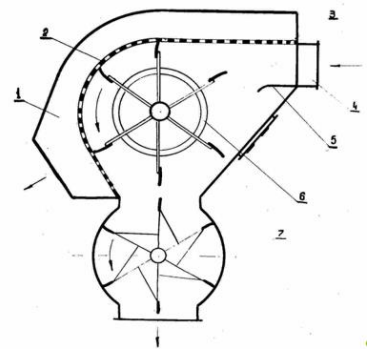
Artikov N. [12] studied the dependence of the speed of movement of cotton raw materials at the entrance to the separation area of the pneumatic separator on the length of the inclined pipe. According to the author, if the length of the inclined pipe is l = 1.9 m, the separation process will be more effective. At this length, the air flow velocity should be V = 26.1 m/sec. He proposed the relationship between the coefficients indicating the resistance to the movement of the mixture and the coefficients depending on the concentration of the mixture for pipes of different diameters. This helped to determine the hydraulic resistances of the pneumatic transport device with high accuracy.

Amirov R. [13] proposed to create an area with zero pressure when separating cotton from a mesh surface. This is at the point where the separator meets the mesh surface. It is located behind the separator, covering the mesh surface and rotating with it. As a result, the air velocity sucked through the holes of

the mesh surface becomes zero. This allows easy separation of cotton stuck to the mesh. In this case, there is no accumulation of cotton between the mesh surface and the separator, no breakage of the seed, damage to the fiber, and no escape of the fiber separated from the seed with air. However, since the sectoral integral surface is 0.0045 m^2, this leads to a decrease in the useful surface of the mesh. This, in turn, increases the aerodynamic resistance of the separator.

During operation, when the cotton raw material falls unevenly onto the separator, some cotton pieces fall onto the mesh surface and clog it. If there is no device to remove it from the surface, the surface will become clogged. Figure 2 shows a separator created by Uzbek scientists under the brand name "KhSCh". In this case, the transported cotton raw material enters the separator's separation chamber through a pipe along with air. The volume of the separation chamber is larger than that of a short pipe. Therefore, the air velocity in it decreases from 20-25 m/s to 7-8 m/s.

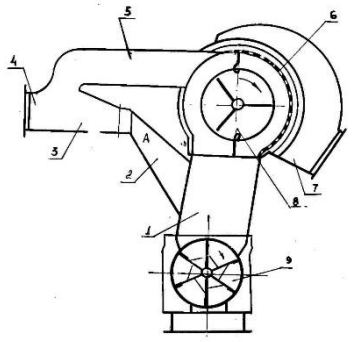
At this speed, the cotton raw material continues to move by inertia and clogs the mesh. The cotton is separated from the mesh surface by a rubber-bladed drum, and then falls under the influence of its own weight into a vacuum valve.



1 – air flow; 2 – grid; 3 – separation chamber; 4 – inlet pipe; 5 – guide; 6 – rubber winged drum; 7 – vacuum-valve.

Fig. 2. "KhSCh" brand separator

Kadirkhozhaev S.M. [14] created a new "SH" brand separator, which is a further improvement of the pneumatic separator shown in Figure 3.



1 – working chamber; 2 – cotton bottom access road; 3 – line is the bifurcation point; 4 – inlet pipe; 5 – cotton upper access road; 6 – mesh surface; 7 – suction short pipe; 8 – elastic layer drum; 9 – vacuum valve.

Fig. 3. SS-15A "SX" separator

In addition, during the cotton gin process, high forces are exerted during separation from the full surfaces as a result of impact on the upper shell and during the passage of the cotton gin through the vacuum valve, which causes damage to the seeds and fibers that cotton is torn in a separator with a scraper . This occurs as a result of the free fibers and pieces of cotton stuck to the mesh vibrating around the core when being cleaned with scrapers. Therefore, a cotton roller is formed in front of the scraper along the entire length. The speed of movement of this roller at the farthest point from the scraper shaft is 4 times higher than at the closest point. Therefore, bundles of fibers and tearing of cotton raw material are formed. In order to reduce the formation of defects in cotton raw material, the author proposed to make a scraper-cleaner in the form of a box with a length of 450 mm, a width of 100 mm and a depth of 50 mm, having a rubber edge along all its parameters [15]. Based on this design of such a scraper, at the moment of scraping with the main scraper, the force of tension of cotton on the mesh is zero, and the scraper separates cotton without forming a cotton roller.

Such a solution to the problem was also proposed by the authors of [16]. They proposed to make the separator mesh with a closed section, in which the adhesion force of the cotton raw material to the mesh surfaces would be zero. However, this solution was not widely used due to the increase in the aerodynamic resistance of the separator and its negative impact on its performance. At the same time, in the studies devoted to improving the design of separators used for cotton raw material, we can see research works aimed at determining the size of the mesh surfaces and their effect on damage to the transported material.

Mamatkulov O. conducted research on increasing the efficiency of the mesh surface [17]. The study investigated the effects of grain defects on the number of passes through the separator. It also investigated the effect of increasing the number of passes through the separator on fiber loss in the device. The researcher proposed a design change for the separator to reduce fiber loss and grain damage in the CC-15 A cotton separator. The author also studied the effect of increasing the number of passes through the CC-15A separator on grain damage and fiber loss and analyzed the results (Fig. 4).

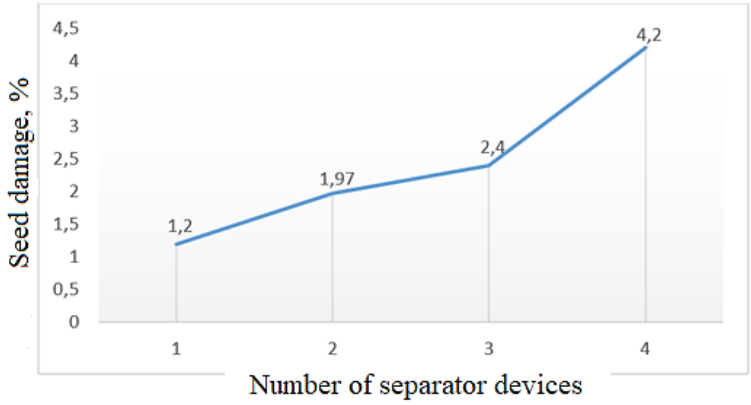


Fig. 4. Effect of the number of separators on seed damage

From this graph, it can be concluded that increasing the number of passes in the separator has a negative effect on cotton seed damage. In this process, cotton damage mainly occurs on the separator front and mesh surface.

Eshmurodov D. [18] developed a separator design with a flat-shaped deflector with a 20-degree slope, which reduces damage to the grain and prevents the formation of free fiber in the impurities. The impact of the cotton flow on the rear wall of the existing CC-15A separator at a speed of 12-15 m/s at the inlet leads to mechanical damage to the grain, rapid wear of the rear wall of the separator, and a decrease in the life of the separator. The main goal of the research is to create a separator that ensures the long-term operation of the pneumatic transport by reducing the speed of the cotton flow to 3-4 m/s, thereby preventing the failure of the inner wall of the separator and the vacuum valve, as well as mechanical damage to the grain. According to the results of the research, a special guide device was developed to guide the cotton at the entrance to the chamber in order to reduce the impact force on the rear wall of the separator. As a result, mechanical damage to the seed was reduced by 16.5%.

Conclusion. Currently, scientific research is being conducted to create new designs of the separator. The effective operation of the separator, along with the mesh surface, is also affected by the vacuum valve, which is one of its main elements. The results of the conducted scientific research show that all the shortcomings of the separator have not been completely eliminated. The analysis shows that it is necessary to conduct in-depth research to improve the separator and its main working parts.

Studies have shown that the main reason for the decrease in the efficiency of the cotton separator is the contact of the main part of the cotton being separated from the air with the mesh surface. The contact of cotton with the mesh surface leads to a deterioration in its quality indicators and an increase in the aerodynamic resistance of the separator. Since the mesh surface is almost completely covered with cotton, air is sucked in only from a small part of it, which is cleaned by a sieve.

References

1. Rakhimjonov A. Paxtani tayyorlash va saqlashda joriy qilinayotgan texnikalarni xom ashyo sifatiga ta’sirini tadqiq qilish [Study of the impact of technologies applied in cotton preparation and storage on raw material quality]. – Monograph. Tashkent, 2023. – 115 p. [in Uzbek].
2. Rakhimjonov A. The dependence of yarn density on spinning systems and quality indicators. – 2022.
3. Rakhimjonov A., Bakhtiyorova U. Promoting The Development Of Improved Cleaning Technology // Eurasian Journal of Engineering and Technology. – 2023. – Vol.17. – P.44-47.
4. Salimov A., Khusanova S., Salimov O., Toshtemirov Q., Yakubov N., Rakhimjanov A. Research of the process of preparation and storage of raw cotton // Journal of Optoelectronics Laser. – 2022. – Vol.41. – No.7. – P.612-618.
5. Mukhametshina E.T., Muradov R.M., Yuldashev Kh.Kh. Paxtani tashish uchun quvurlarga uzatish jarayoni hamda uning tarkibidagi og’ir aralashmalarni ajratib olish bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlar tahlili [Analysis of research on the transportation of cotton through pipes and separation of heavy impurities] // JIZPI Bulletin. – 2025. – No.1. [in Uzbek].
6. Muradov R. Paxtani qayta ishlash jarayonida uni havo oqimidan ajratuvchi separatorlar konstruktsiyasi [Design of separators for separating cotton from air streams during processing]. – Tashkent, UzNIINTI, 1992. [in Uzbek].
7. Xojiyev M.T., Usmanov X.S., Husanjonov I. Paxtani tabiiy xususiyatlarini saqlash maqsadida separatorlarni takomillashtirish [Improving separators to preserve the natural properties of cotton] // “Texnika va texnologiyalarni modernizatsiyalash sharoitida iqtidorli yoshlarning innovatsion g’oyalari va ishlanmalari” ilmiy-amaliy

anjuman [Scientific-practical conference on the innovative ideas and developments of talented youth in the context of modernization of technology and technical systems]. – Tashkent, 2016. [in Uzbek].
8. Muradov R.M., Ahmedhodjaev Kh.T., Salokhiddinova M.N. Qo‘zg‘aluvchan qurilmaning tozalash samaradorligini oshirish yo‘llari [Ways to improve the cleaning efficiency of moving devices] // Journal of Mechanics and Technology. – 2022. – No.2(7). [in Uzbek].
9. Omonov F. Paxtani dastlabki ishlash bo‘yicha spravochnik [Handbook on primary cotton processing]. – E, 2008. – 415 p. [in Uzbek].
10. Amirov R., Tikhomirov G.A., Suslin A.K. K voprosu o povrezhdennosti semyan pri transportirovke khlopka-syrtsa [On the damage of cotton seeds during transport of raw cotton] // Cotton Industry. – 1975. – No.1. – P.4-5. [in Uzbek].
11. Shamsutdinov T. Nekotorye voprosy aerodinamiki khleoborochykh mashin [Some issues of aerodynamics of grain-harvesting machines]: PhD thesis abstract. – Moscow, 1960. [in Uzbek].
12. Artikov N.A. Issledovaniya i razrabotki pnevmotransportnoy ustanovki s pnevmosparatorom dlya khlopka-syrtsa [Research and development of a pneumatic transport system with a cotton air separator]: PhD thesis abstract. – Tashkent, 1972. [in Uzbek].
13. Amirov R. Issledovaniya vliyaniya sredstv mekhanizatsii pnevmotransportnykh ustanovok na kachestvo volokna [Study of the impact of mechanization tools of pneumatic transport systems on fiber quality]: PhD dissertation. – Tashkent, 1976. [in Uzbek].
14. Kadirkhojaev S.K. Razrabotka separatora dlya khlopka-syrtsa s tsel’yu sokhraneniya ego kachestvennykh pokazateley i sokrashcheniya poter volokna [Development of a separator for raw cotton to preserve quality and reduce fiber loss]: PhD dissertation. – Tashkent, 1986. [in Russian].
15. Tursunov I. Paxtaning dastlabki sifat ko‘rsatkichlarini saqlash maqsadida separator ishchi organlarini takomillashtirish [Improvement of the working elements of the separator to preserve the initial quality indicators of cotton]: PhD diss. in Technical Sciences. – Namangan, 2021. – 59 p. [in Uzbek].
16. Muradov R. Separatorning to‘rli yuzasiga paxtaning kelib urilishini kamaytirish usuli [Method for reducing the impact of cotton on the mesh surface of the separator] // Journal of Mechanics Problems. – 2000. – No.3. – P.77-80. [in Uzbek].
17. Mamatqulov O. Paxta separatori rationa konstruktsiyasini yaratish [Creation of a rational design of the cotton separator]: PhD diss. in Technical Sciences. – Namangan, 2019. – 84 p. [in Uzbek].
18. Eshmurodov D. Paxtani tabiiy xususiyatlarini saqlash maqsadida havodan ajratish jarayonini takomillashtirish [Improvement of the air separation process to preserve the natural properties of cotton]: PhD diss. – Tashkent, 2021. [in Uzbek].

Received: 21 December 2025
Accepted: 24 December 2025

М.А. Мухаметшина[1], Р.М. Мурадов[1]

[1]Наманған мемлекеттік техникалық университеті, Наманған, Өзбекстан

МАҚТА ТАСЫМАЛДАУҒА АРНАЛҒАН ПНЕВМАТИКАЛЫҚ ТАСЫМАЛДАУ ҚҰРЫЛҒЫСЫНЫҢ ҚҰРАМДАС БӨЛІГІ РЕТІНДЕ СЕПАРАТОРДЫ ЖЕТІЛДІРУ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУЛЕРДІ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада мақтаны өңдеуге арналған пневматикалық көлік құрылғысының негізгі элементі болып табылатын сепараторды жетілдіру бойынша жүргізілген ғылыми зерттеулерге талдау ұсынылған. Сепаратор мақта тұқымын ауа

ағынынан бөлу үшін қолданылатыны белгілі. Сондай-ақ, мақта шикізатын бөлу процесінде жоғарғы қабыққа соғу нәтижесінде, торлы беттер мен вакуумдық клапан арқылы өту кезінде тұқымдар мен талшықтарға зақым келтіретін жоғары күштер пайда болатыны зерттелді. Зерттеулер тұқымдық мақтаның зақымдануын болдырмау және жоғары сапалы талшықтар алу үшін пневматикалық көлік құрылғыларының негізгі элементтерінің дизайнын жетілдіру қажеттілігін көрсетеді.

Тірек сөздер: пневматикалық көлік жүйесі, тасымалдау процесі, сепаратор, шикізат, пневматикалық көлік құралы, тиімділік, бөлу, қысым, пневматикалық сепаратор, вакуумдық клапан, бөлу процесі.

М.А. Мухаметшина[1], Р.М. Мурадов[1]

[1]Наманганский государственный технический университет, Наманган, Узбекистан

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СЕПАРАТОРА КАК КОМПОНЕНТА ПНЕВМОТРАНСПОРТНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕНОСКИ ХЛОПКА

Аннотация. В статье представлен анализ научных исследований, проведённых по совершенствованию сепаратора, который является основным элементом пневмотранспортного устройства для переработки хлопка. Известно, что сепаратор используется для отделения семян хлопка от воздушного потока. Также изучено, что в процессе отделения хлопкового сырья в результате ударов о верхнюю оболочку, при прохождении через сетчатые поверхности и вакуумный клапан, возникают высокие силы, которые вызывают повреждение семян и волокон. Исследования показывают необходимость совершенствования конструкции основных элементов пневмотранспортных устройств для предотвращения повреждений семенного хлопка и получения волокон высокого качества.

Ключевые слова: пневмотранспортная система, процесс транспортировки, сепаратор, сырьё, пневмотранспортное устройство, эффективность, разделение, давление, пневматический сепаратор, вакуумный клапан, процесс разделения.

ҒТАМР 64.29.15

А.М. Байтуреев[1] – *основной автор*, ©
Ж.А. Ертаева[2], **А.Т. Оңлабекова**[3]

[1]*МАНЭБ академигі, техн. ғылым. канд., профессор,*
[2]*Физика магистрі, директор,* [3]*PhD, қауымдас. профессор м.а.*

[1]*https://orcid.org/0000-0002-2752-4969* [3]*https://orcid.org/0000-0003-4379-0586*

[1,3]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан*
[2]*«Білім» кәсіби гуманитарлық-техникалық колледжі» ЖШС, Тараз, Қазақстан*
[3]*aika_ot@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/UZWN8365

МАҚТА ТАЛШЫҒЫН ТЕРМИЯЛЫҚ ӨҢДЕУ ҮДЕРІСІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Мақалада мақта талшығын термиялық өңдеу процесінің физикалық моделі мен математикалық сипаттамасы қарастырылады. Негізгі назар жылу- және масса алмасу процесінің сыртқы есебіне ударылып, ылғалдың буланyы негізінен талшық бетінде жүзеге асады деп есептеледі. Модель екі өлшемді дискретті координаталар жүйесінде: талшықтың ұзындығы мен қалыңдығы бойынша құрылған. Негізіне стационарлық ағын, ламинарлық шекаралық қабат және беткі булану үрдістерін ескеретін жылу және масса алмасу теңдеулері алынған. Әсіресе, буланудың салқындатқыш әсері – ішкі теріс жылу көзі ретінде көрінетін құбылыс ескеріліп көрсетілген. Ұсынылған модель термиялық өңдеу кезінде орын алатын жылу және масса алмасу кинетикасын, сондай-ақ шекаралық қабаттағы температура мен су буының концентрациясының өзгеруін сипаттауға мүмкіндік береді. Алынған теңдеулер мақта талшығын термиялық кептіру процесін талдау және оңтайландыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Тірек сөздер: мақта талшығы, дифференциалдық теңдеу, жылу энергиясының теңдеуі, қозғалыс теңдеуі, ағынның тұтастық теңдеуі.

Байтуреев, А.М. Мақта талшығын термиялық өңдеу үдерісін математикалық модельдеу [Мәтін] / А.М. Байтуреев, Ж.А. Ертаева, А.Т. Оңлабекова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.229-239. https://doi.org/10.55956/UZWN8365

Кіріспе. Қазіргі жағдайда Қазақстан ұлттық экономиканы тиімділігін арттыруға және әлемдік экономикаға ықпалдастыруға бағытталған ауқымды құрылымдық жаңғырту үдерісін жүзеге асыруда.

Мақта шикізатын бастапқы өңдеу саласындағы жоғары технологиялық өндірістердің теңгерімді дамуын қамтамасыз ету, сондай-ақ жеңіл өнеркәсіптің (иіру, тоқыма және тігін өндірістерін қоса алғанда) қуаттылығын арттыру мақсатында еліміздің әртүрлі өңірлерінде арнайы экономикалық аймақтар (АЭА) құрылуда. Бұл аймақтар Оңтүстік Қазақстандағы өнеркәсіптік өсімді ынталандырумен қатар, тоқыма өнеркәсібін жалпы дамытуда маңызды қозғаушы күш ретінде қарастырылады.

Жеңіл және тоқыма өнеркәсібінің дамуы өз кезегінде ауыл шаруашылығы мен ұлттық экономиканың сабақтас салаларының кеңеюіне қолайлы жағдай жасайды. Жаңа арнайы экономикалық аймақтарды ұйымдастыру жекелеген өңірлердің әлеуметтік-экономикалық дамуын жеделдетуге және жалпы ұлттық экономиканың өсуін қамтамасыз етуге ықпал ететін стратегиялық тетік болып табылады [1,2].

Ауыл шаруашылығы өнімдеріне сұраныстың артуы жағдайында агроөнеркәсіптік кәсіпорындар мен фермерлік шаруашылықтар алдында тек өндіріс көлемін ұлғайту ғана емес, сонымен қатар жиналған өнімді сақтау мәселесі де өткір тұр. Бұл міндетті шешудің негізгі факторларының бірі – ауыл шаруашылығы шикізатын энергия үнемдейтін термиялық өңдеу технологияларын енгізу болып табылады, олар өнімнің сапасын төмендетпей ұзақ мерзімді сақталуын қамтамасыз етеді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу мақта талшығын термиялық өңдеу барысында жүретін сыртқы жылу және масса алмасу процестерін математикалық тұрғыда сипаттауға бағытталған. Негізгі назар талшық бетінде ылғалдың қанықкан бу күйінде буланuы жүзеге асатын тұрақты жылдамдықтағы кептіру кезеңіне аударылды.

Зерттеудің негізін жылу және масса алмасудың негізгі процестері талшықтың беткі қабатында жүзеге асады деген болжамға негізделген физикалық модель құрайды. Екіөлшемді стационарлық есеп дискретті координаталық жүйеде қарастырылады: «х» осі талшықтың ұзындығы бойымен бағытталған, ал «у» осі оның қалыңдығын сипаттайды.

Математикалық сипаттама жылуөткізгіштік, қозғалыс мөлшері және үздіксіздік теңдеулерін қамтиды. Модельдің ерекшелігі – ылғалдың буланuын теріс ішкі жылу көзі ретінде есепке алуында, ол (*rm*) сипатымен өрнектеледі, мұнда «*r*» – буланудың меншікті жылуы, ал «*m*» – булананатын ылғалдың жылдамдығы.

Сандық есептеулерді жүргізу үшін төртінші ретті Рунге-Кутта әдісі қолданылды. Нөлдік нүкте маңындағы функцияларды жуықтау үшін Тейлор және Маклорен қатарлары пайдаланылды [1]. Алынған теңдеулер жүйесі негізінде температура мен жылдамдық өрістеріне модельдеу жүргізіліп, шекаралық қабаттағы параметрлердің өзгеру сипатын көрсететін графиктік тәуелділіктер тұрғызылды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Ауыл шаруашылығы шикізатын, әсіресе мақта талшығын термиялық өңдеудің негізгі кезеңдерінің бірі – кептіру процесі болып табылады. Бұл кезең жоғары энергия сыйымдылығымен және технологиялық маңыздылығымен ерекшеленеді әрі дайын өнімнің сапасын айқындайды. Мақтаны бастапқы өңдеу кәсіпорындарында пайдалану сенімділігі жоғары және қызмет көрсетуі жеңіл барабанды кептіргіш қондырғылар кеңінен қолданылады.

Аталған жұмыста жылу және масса алмасу теориясының негізгі қағидаларына сүйене отырып әзірленген математикалық сипаттамамен бірге мақта талшығын термиялық өңдеу процесінің физикалық моделі ұсынылған [1-3].

Бұл модельде талшық пен жылутасымалдағыш арасындағы негізгі өзара әрекет талшықтың сыртқы бетінде жүзеге асады деп қабылданған. Осыған байланысты есеп сыртқы есеп ретінде қойылып, дискретті координаталық жүйеде қарастырылды: «х» осі талшықтың бойлық бағытымен, ал «у» осі оның қалыңдығы бойымен бағытталған.

Әзірленген физикалық тұжырымдамаға сәйкес математикалық модель өңделетін материалдағы жылу және масса алмасу процестерін сипаттайтын классикалық дифференциалдық теңдеулер жүйесіне негізделген.

Ол келесі теңдеулерден тұрады [4-6]:

жылу энергиясының теңдеуі:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \omega grad t = a\nabla^2 t; \quad (1)$$

қозғалыс мөлшерінің теңдеуі:

$$\frac{\partial \omega}{\partial \tau} + (\vec{\omega} grad)\vec{\omega} = -\frac{1}{\rho} grad + \upsilon\nabla^2\vec{\omega}; \quad (2)$$

ағынның үздіксіздік теңдеуі:

$$div\vec{\omega} = 0. \quad (3)$$

Ылғалды материалдарды термиялық өңдеу материал құрылымының ішінде жүретін ішкі энергия және ылғал тасымалын, сондай-ақ олардың қоршаған ортамен сыртқы алмасуын қамтитын жылу және масса алмасу құбылыстарының күрделі жиынтығын құрайды. Мақта талшықтарын кептіру процесінде жылу мен ылғалдың сыртқы алмасу кезеңі, яғни буланудың тұрақты жылдамдық режиміне сәйкес келетін фаза, инженерлік тұрғыдан аса маңызды болып табылады. Бұл кезеңде талшық бетінен бөлінетін су буы қаныққан күйде болады, ал талшық пен қоршаған орта шекарасындағы температура қанығу температурасына жуықтайды.

Ламинарлы шекаралық қабат жағдайында буланумен қатар жүретін ағынды сипаттайтын екіөлшемді стационарлық есеп үшін температура-жылдамдық өрісі фазалық ауысу әсерін ескеретін қосымша мүшесі бар теңдеулер жүйесімен анықталады. Атап айтқанда, *(rm)* өрнегі энергия балансына буланудың жасырын жылуы арқылы үлес қосады: мұнда фазалық ауысудың меншікті жасырын жылуы *r* мен булану массалық ағыны *m* (уақыт бірлігінде кеуекті ортаның көлем бірлігінен буланатын ылғал массасы ретінде анықталады) көбейтіндісі булану бетінде пайда болатын салқындау әсерінен туындайтын теріс ішкі жылу көзін сипаттайды.

$$\left.\begin{aligned} &\omega_x \frac{d\omega_x}{dx} + \omega_y \frac{d\omega_y}{dy} = \upsilon \frac{d^2\omega_x}{d^2 y} - \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dx} \\ &\frac{d\omega_x}{dx} + \frac{d\omega_y}{dy} = 0 \\ &pc_г\ g\omega_x \frac{dt_x}{dx} + \omega_y \frac{d\omega_y}{dy} = \lambda_г \frac{d^2 t}{d^2 y} - rm \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

(1)–(4) теңдеулерінде келесі белгілер қабылданған: ρ – материалдың тығыздығы, кг/м³; g – ауырлық күшінің үдеуі, м/с²; p – меншікті қысым, Н/м²; t – температура, °С; ω – сызықтық жылдамдық, м/с; υ – кинематикалық

тұтқырлық, м²/с; ∇^2 – Лаплас операторы; $c_г$ – p=const жағдайындағы меншікті жылу сыйымдылығы, Дж/(кг·град); $\lambda_г$ – жылуөткізгіштік коэффициенті, Вт/(м·град); α – жылуберу коэффициенті, Вт/(м²·град); r – буланудың меншікті жылуы, Дж/кг; d – геометриялық өлшем, м; m – буланатын ылғалдың көлемдік жылдамдығы, м³/с.

Материал бетінен ылғалды шығару жылдамдығы (басқаша айтқанда, кептіру қарқындылығы) булану шекарасына бағытталған жылу ағынын ескеретін жылуөткізгіштік теңдеуінің негізінде анықталады:

$$m = \frac{\lambda_г}{rd^2} \cdot (t_г - t_0) \tag{5}$$

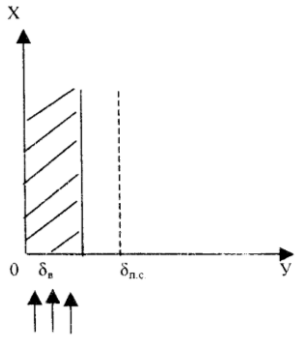
(5) өрнегіне сүйене отырып, мақта талшығының бетінен буланатын ылғал массасы шекаралық қабат шегіндегі кептіру ортасының температура градиентімен анықталады деген болжам жасауға болады. Басқаша айтқанда, булану қарқындылығы талшық бетіне бағытталған жылу ағынының шамасына тікелей тәуелді, яғни:

$$m = \frac{\lambda_г}{rd^2} \cdot \frac{dt}{dy} \tag{6}$$

Дифференциалдық теңдеулер жүйесіне (4) тиісті бастапқы және шекаралық шарттарды қолдану, сондай-ақ осы жүйені аналитикалық шешу нәтижесінде келесі функционалдық тәуелділікті алуға болады:

$$4[f'(\eta)]^2 - 3f(\eta)f''(\eta) = 2f''(\eta) + 4 \tag{7}$$

Мақта талшығын термиялық кептіру процесінің графикалық интерпретациясы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Мақта талшығын термиялық өңдеу процесінің сұлбалық бейнесі

Одан әрі аналитикалық зерттеу жүргізу үшін *f(η)* функциясын η=0 нүктесінің маңында Тейлор қатарына жіктеп қарастырайық:

$$f(\eta) = f(0) + \eta \cdot f'(0) + \frac{\eta^2 f'(0)}{2!} + \ldots + \tag{8}$$

$$f(\eta) = \frac{b\eta^2}{2} \cdot \tag{9}$$

(9) теңдеуде келтірілген «b» белгісіз коэффициентін анықтау үшін (7) теңдеуінің сандық шешімі қолданылады. Осы мақсатта бастапқы (7) теңдеуі оған эквивалентті дифференциалдық теңдеулер жүйесіне түрлендіріледі, бұл шекаралық есептерді шешудің стандартты сандық әдістерін қолдануға мүмкіндік береді:

$$\left.\begin{aligned} \frac{dt}{d\eta} &= S; \\ \frac{dS}{d\eta} &= Z; \\ \frac{dZ}{d\eta} &= 2S^2 - \frac{3}{2} fZ - 2 \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

(10) теңдеулер жүйесін сандық интегралдау үшін шешімнің қажетті дәлдігін қамтамасыз ететін төртінші ретті Рунге-Кутта әдісі қолданылды. Жүргізілген есептеулер нәтижесінде ылғал тасымалының векторлық жылдамдық компоненттері – ω_x және ω_y, анықталды. Алынған мәндер кейіннен жылуөткізгіштік процесін сипаттайтын (4) теңдеулер жүйесінің үшінші теңдеуіне қойылады:

$$\omega_x = (\upsilon \cdot cx^3)^{1/2} f'(\eta)\left(\frac{cx}{\upsilon}\right)^{1/2} = cx^2 f'(\eta)\,; \tag{11}$$

$$\begin{aligned} \omega_y &= -\frac{3}{2}(\upsilon c)^{1/2} x^{1/2} f'(\eta)^{1/2} (\upsilon c x^3)^{1/2} f'(\eta)^{1/2} \frac{\eta}{x} = \\ &= -\frac{1}{2}(\upsilon c x)^{1/2}\left[3f(\eta) + \eta f'(\eta)\right]; \end{aligned} \tag{12}$$

$$pc_p g\left[\omega_x \frac{dt}{dx} + \omega_y \frac{dt}{dy}\right] = \lambda_г \frac{d^2 t}{dy^2} - rm \cdot \tag{13}$$

Бұл тәсіл мақта талшығын термиялық өңдеу моделінде жылуалмасу мен массаалмасу процестерінің өзара байланысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

«*c*» белгісіз коэффициенті [4-10] дереккөзіне сәйкес келесі өрнектен анықталады:

$$c = \frac{u_г}{d^{1/3}} \cdot \tag{14}$$

(6) теңдеуді (13) теңдеуге келтіру арқылы келесі өрнек алынады:

$$pc_p g\left[\omega_x \frac{dt}{dx} + \omega_y \frac{dt}{dy}\right] = \lambda_г \frac{d^2 t}{dy^2} - \left[\frac{\lambda_г}{d^2} \cdot \frac{dt}{dy}\right]. \tag{15}$$

(15) теңдеуді талдау барысында "*x*" координатасы бойымен газ температурасының градиенті елеусіз аз деп есептеледі. Осыған байланысты (16) теңдеу ықшамдалып, келесі түрге келтіріледі:

$$\lambda_г \frac{d^2t}{dy^2} - \left(\frac{\lambda_г}{d^2} + \rho c_p g \omega_y \right) \cdot \frac{dt}{dy} = 0 \cdot \tag{16}$$

Қабылданған белгілеуді ескере отырып:

$$\frac{dt}{dy} = Z \cdot \tag{17}$$

(16) теңдеу бірінші ретті қарапайым дифференциалдық теңдеуге айналады:

$$\lambda_г \frac{d^2t}{dy^2} - \left[\frac{\lambda_{гг}}{d_2} + \rho c_p g \omega_y \right] \cdot Z = 0 \cdot \tag{18}$$

(13) теңдеуден:

$$\begin{aligned} \omega_y &= -\frac{1}{2}(\nu cx)^{1/2} \left[\frac{3b}{2} \left(\frac{cx}{\nu} \right)^{1/2} y + \left(\frac{cx}{\nu} \right)^{1/2} yb \left(\frac{cx}{\nu} \right)^{1/2} y \right] = \\ &= -\frac{1}{2} bcx \left[\frac{3}{2} y + \left(\frac{cx}{\nu} \right)^{1/2} \cdot y^2 \right]. \end{aligned} \tag{19}$$

(19) өрнекті (18) теңдеуге қойып, айнымалыларды бөліп алғаннан кейін келесі өрнекті аламыз:

$$\lambda_г \frac{dz}{Z} = -\left\{ \frac{\lambda_г}{d^2} \cdot \frac{1}{2} \rho c_p g bcx \left[\frac{3}{2} y + \left(\frac{cx}{\nu} \right)^{1/2} y^2 \right] \right\} d_y \cdot \tag{20}$$

(20) теңдеуді интегралдау нәтижесінде келесі өрнек алынады:

$$\ln Z = a_1 y - a_2 y^2 - a_3 y^3 + \ln F_1, \tag{21}$$

мұндағы: F_1 – интегралдау тұрақтысы.

$$a_1 = \frac{\lambda_г}{d_2}; \; a_2 = \frac{3}{8\lambda_г} \rho c_p g bcx; \; a_3 = \frac{1}{6\lambda_г} \rho c_p g bcx \left(\frac{cx}{\upsilon} \right)^{1/2} \cdot$$

бұл жерде:

$$\frac{Z}{F_1} = \exp\left(a_1 y - a_2 y^2 - a_3 y^3 \right). \tag{22}$$

(22) теңдеуді (17) теңдеуге қойып, екінші рет интегралдау жүргізсек:

$$t = \int F_1 \exp(a_1 y - a_2 y^2 - a_3 y^3) dy + G, \quad (23)$$

мұндағы: G – интегралдау тұрақтысы.

Аталған интегралды есептеу үшін интеграл астындағы функция Маклорен қатарына жіктеледі.

Осы мақсатта келесідей белгілейміз:

$$a_1 y - a_2 y^2 - a_3 y^3 = q \quad (24)$$

Осыдан:

$$e^q = 1 + q + \frac{q^2}{2!} + \frac{q^3}{3!} + ... + \frac{q^n}{n!} \quad (25)$$

y айнымалысының кіші мәндері үшін қатарды бірінші ретті мүшелермен шектеуге болады. Шынында да,

$$\text{егер } q = 0{,}1, \text{ онда } \exp(0{,}1) = 1{,}11 \quad (26)$$

Жуық өрнекпен алмастыру:

$$e^q = 1 + q = 1 + 0{,}1 = 1{,}1 \quad (27)$$

келесі қателікті тудырады:

$$100 \cdot \frac{1{,}11 - 1{,}1}{1{,}1} = 0{,}9\%. \quad (28)$$

Осылайша, (24) теңдеуді ескере отырып, (25) теңдеуден келесі өрнекті аламыз:

$$\exp(q) = 1 + a_1 y - a_2 y^2 - a_3 y^3. \quad (29)$$

(29) теңдеуді (23) теңдеуге қойсақ, келесі өрнек алынады:

$$t = F \int \left(1 + a_1 y + a_2 y^2 - a_3 y^3\right) dy + G.$$

Интегралдау нәтижесінде:

$$t = F_1 \left[y + \frac{(a_1 y^2)}{2} - \frac{(a_2 y^3)}{3} - \frac{(a_3 y^4)}{4} \right] + G. \quad (30)$$

Белгісіз интегралдау коэффициенттері F_1 және G шекаралық шарттардан анықталады:

$$\text{а) } y = 0 \; t = t_н = t_{насыщ,} \quad (31)$$

бірінші шекаралық шарттан $G=t_н$ екені шығады;

б) $\lambda_г\left(dt/dy\right)\big|_{y=\delta} = \alpha\cdot\left(t_г - t\right)$ (32)

Екінші шекаралық шарттан:

$$\begin{aligned}&\lambda_г F_1\left(1+a_1\delta-a_2\delta^2-a_3\delta^3\right)=\\&=\alpha\left[t_г - F_1\left(\delta+\frac{\left(a_1\delta^2\right)}{2}-\frac{\left(a_2\delta^3\right)}{3}-\frac{\left(a_3\delta^3\right)}{4}\right)-t_s\right].\end{aligned} \quad (33)$$

келесі нәтиже алынады:

$$F=\frac{\alpha(t_г - t_s)}{\lambda_г(1+a_1\delta-a_2\delta^2-a_3\delta^3)+\alpha\left[\delta+\left(\frac{a_1}{2}\right)\delta^2-\left(\frac{a_2}{3}\right)\delta^3-\left(\frac{a_3}{4}\right)\delta^4\right]}. \quad (34)$$

Шекаралық қабаттың қалыңдығы (19) және (12) өрнектерінің негізінде анықталады.

(19) теңдеуден:

$$f(\eta)=b\eta=b(cx/\nu)^{1/2}y\,, \quad (35)$$

ал (12) теңдеуден және жылдамдық өрістеріне арналған шекаралық шарттарды қолдана отырып, мұнда:

а) $\omega=\omega_y=0$ болады, егер $y=0$;

б) $\omega_x\to u_г$ болады егер $y\to\delta$,

мұндағы: $u_г$ – будың жылдамдығы, δ – шекаралық қабаттың қалыңдығы.

Осыны есепке ала келесі өрнек алынады:

$$\omega_x=u_г=cx^2f'(\eta) \quad (36)$$

Осыдан:

$$f'(\eta)=u_г/cx^2 \quad (37)$$

(35) және (37) өрнектерін теңестіре отырып, келесі теңдеуді аламыз:

$$u_г/(cx^2)=b(cx/\nu)^{1/2}\cdot y\big|_{y=\delta} \quad (38)$$

Қажетті түрлендірулерді орындағаннан кейін, келесі нәтиже шығады:

$$\delta=\frac{\nu^{1/2}d^{1/2}}{b(u_r^{1/2}\cdot x^2\cdot x^{1/2})}=\left(\frac{1}{bx^2}\right)\left(\frac{vd}{u^r}\cdot x\right)^{1/2} \quad (39)$$

Теңдеулер жүйесін сандық түрде есептеу барысында мақта талшығы бетінің температурасының координата бойынша өзгеру тәуелділіктері анықталып, ылғалдың булану жылдамдығының таралуы тұрғызылды. Термиялық өңдеудің бастапқы кезеңінде булану процесі тұрақты жылдамдықпен жүретіні, ал талшық бетінің температурасы бу қанығу температурасына өте жақын болатыны анықталды.

Шекаралық қабаттағы температураның таралуын сипаттайтын аналитикалық теңдеулер алынып, кептіру процесінің тиімділігіне әсер ететін негізгі параметрлер – кептіру ортасының температура градиенті мен шекаралық қабаттың қалыңдығы екендігі айқындалды. Жүргізілген талдау булану процесінің талшық бетінде айтарлықтай салқындау әсерін тудыратынын көрсетті, бұл кептіру жабдықтарын жобалау және оңтайландыру кезінде міндетті түрде ескерілуі тиіс.

Қорытынды. Аталған жұмыста мақта талшығын термиялық өңдеу процесін сипаттайтын, кептірудің тұрақты жылдамдық кезеңіндегі сыртқы жылу және масса алмасуды қамтитын физика-математикалық модель ұсынылды. Алынған аналитикалық және сандық нәтижелер шекаралық қабат шегіндегі температураны және булану қарқындылығын жоғары дәлдікпен бағалауға мүмкіндік береді, бұл кептіру процесінің энергия тиімділігін арттыру мен дайын өнім сапасын жақсарту үшін аса маңызды.

Термиялық кептіру кезіндегі сыртқы жылу және масса алмасу кинетикасы шекаралық қабат бойынша ылғал буы концентрациясының өзгеруімен, сондай-ақ ылғалды материал бетіне жақын аймақтағы кептіру агентінің температурасының өзгеруімен анықталатыны көрсетілді.

Әзірленген модель текстиль өнеркәсібі кәсіпорындарындағы кептіру қондырғыларының жұмыс режимдерін оңтайландыру үшін пайдаланылуы мүмкін. Алдағы зерттеулерде модельді ішкі жылу және ылғал тасымалы процестерін ескере отырып кеңейту, сондай-ақ алынған нәтижелерді эксперименттік тұрғыда тексеру жоспарлануда.

Осылайша, қойылған есепті тиісті тұжырымдамада шешу нәтижесінде мақта талшығын термиялық өңдеу процесін бағалауға мүмкіндік беретін әртүрлі теңдеулер алынды.

Әдебиеттер тізімі

1. Байтуреев, А.М. Интенсификация процесса сушки хлопка-сырца [Текст]: монография / А.М. Байтуреев. – Тараз: Тараз университеті, 2017. – 168 с.
2. Мирошниченко, Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка [Текст] / Г.И. Мирошниченко. – М.: Машиностроение, 1972. – 487 с.
3. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа [Текст] / Л.Г. Лойцянский. – М., 1973. – 904 с.
4. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии [Текст]. Ч. 1 / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 2002. – 400 с.
5. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии [Текст]. Ч. 2 / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 2002. – 368 с.
6. Ульдяков, А.И. Сушка хлопка-сырца [Текст] / А.И. Ульдяков. – М., 1975. – 142 с.
7. Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции [Текст]: научный журнал. – Алматы, 2002. – № 3. – С. 11-16.
8. Калдыбаев, Т.Д. Математические модели подготовки хлопка-сырца к сушке [Текст] / Т.Д. Калдыбаев // Хлопковая промышленность. – Ташкент, 1989. – № 3.
9. Лыков, А.В. Теория тепло- и массопереноса [Текст] / А.В. Лыков. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 684 с.
10. Байтуреев, А.М. Математическое моделирование и решение оптимизационной задачи при определении температуры сушильного агента на выходе из

сушильного барабана [Текст] / А.М. Байтуреев // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2009. – № 3. – С. 70-73.

Материал редакцияға 17.06.25 түсті, 26.12.25 қабылданды.

А.М. Байтуреев[1], Ж.А. Ертаева[2], А.Т. Онлабекова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан
[2]ТОО Профессиональный гуманитарно-технический колледж «Білім», Тараз, Казахстан

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА

Аннотация. В статье рассматривается физическая модель и математическое описание процесса термообработки хлопкового волокна. Основное внимание уделено внешней задаче тепломассообмена, предполагая, что испарение влаги происходит преимущественно с поверхности волокна. Модель построена в двумерной дискретной системе координат: вдоль длины и толщины волокна. В основу положены уравнения тепло- и массопереноса, учитывающие стационарное течение, ламинарный пограничный слой и испарение с поверхности. Особое внимание уделено учету охлаждающего эффекта испарения, проявляющегося в виде внутреннего отрицательного источника тепла. Разработанная модель позволяет описывать кинетику тепломассообмена при термообработке, включая изменения температуры и концентрации водяных паров в пограничном слое. Полученные уравнения могут быть использованы для анализа и оптимизации процесса термической сушки хлопкового волокна.

Ключевые слова: хлопковое волокно, дифференциальное уравнение, уравнение тепловой энергии, уравнение движения, уравнение сплошности потока.

A.M. Baitureev[1], Zh.A. Yertaeva[2], A.T. Onlabekova[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]Professional Humanitarian and Technical College “Bilim”,Taraz, Kazakhstan

MATHEMATICAL MODELING OF THE THERMAL TREATMENT PROCESS OF COTTON FIBER

Abstract. The article addresses the physical model and mathematical description of the thermal treatment process of cotton fiber. The main focus is on the external heat and mass transfer problem, assuming that moisture evaporation occurs predominantly from the fiber surface. The model is constructed in a two-dimensional discrete coordinate system along the fiber’s length and thickness. The foundation of the model comprises heat and mass transfer equations that consider steady-state flow, a laminar boundary layer, and surface evaporation. Special attention is given to accounting for the cooling effect of evaporation, manifested as an internal negative heat source. The developed model enables the description of heat and mass transfer kinetics during thermal treatment, including changes in temperature and water vapor concentration within the boundary layer. The resulting equations can be applied for the analysis and optimization of the cotton fiber thermal drying process.

Keywords: cotton fiber, differential equation, heat energy equation, momentum equation, continuity equation.

References

1. Baitureev, A.M. Intensifikatsiya protsessa sushki khlopka-syrtsa [Intensification of the drying process of raw cotton]: monografiya. – Taraz: Taraz University, 2017. – 168 p. [in Russian].
2. Miroshnichenko, G.I. Osnovy proektirovaniya mashin pervichnoi obrabotki khlopka [Fundamentals of designing machines for primary cotton processing]. – Moscow: Mashinostroenie, 1972. – 487 p. [in Russian].
3. Loitsyanskii, L.G. Mekhanika zhidkosti i gaza [Fluid and gas mechanics]. – Moscow, 1973. – 904 p. [in Russian].
4. Khranenie i pererabotka sel'skokhozyaistvennoi produktsii [Storage and processing of agricultural products]. – Almaty, 2002. – No. 3. – P. 11-16. [in Russian].
5. Kaldybaev, T.D. Matematicheskie modeli podgotovki khlopka-syrtsa k sushke [Mathematical models of raw cotton preparation for drying] // Khlopkovaya promyshlennost' [Cotton Industry]. – Tashkent, 1989. – No. 3. [in Russian].
6. Dytnerskii, Yu.I. Protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii. Chast' 1 [Processes and apparatuses of chemical technology. Part 1]. – Moscow: Khimiya, 2002. – 400 p. [in Russian].
7. Dytnerskii, Yu.I. Protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii. Chast' 2 [Processes and apparatuses of chemical technology. Part 2]. – Moscow: Khimiya, 2002. – 368 p. [in Russian].
8. Ul'dyakov, A.I. Sushka khlopka-syrtsa [Drying of raw cotton]. – Moscow, 1975. – 142 p. [in Russian].
9. Lykov, A.V. Teoriya teplo- i massoperenosa [Theory of heat and mass transfer]. – Moscow–Leningrad: Gosenergoizdat, 1963. [in Russian].
10. Baitureev, A.M. Matematicheskoe modelirovanie i reshenie optimizatsionnoi zadachi pri opredelenii temperatury sushil'nogo agenta na vykhode iz sushil'nogo barabana [Mathematical modeling and solution of an optimization problem in determining the drying agent temperature at the outlet of a drying drum] // Khimicheskaya tekhnologiya. Kontrol' i upravlenie [Chemical Technology. Control and Management]. – Tashkent, 2009. – No. 3. – P. 70-73. [in Russian].

ҒТАМР 64.33.81

Н.Н. Азиз-Кариева[1] – *негізгі автор*,
Р.О. Жилисбаева[2]

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

[1]*https://orcid.org/0009-0001-5840-3537* [2]*https://orcid.org/0000-0002-5722-4617*

[1,2]*Алматы технологиялық университеті*,

Алматы, Қазақстан

[1]azizkarieva@inbox.ru

https://doi.org/10.55956/HJRY2433

АЗАМАТТЫҚ АВИАЦИЯ ҰШҚЫШТАРЫНЫҢ ФОРМАЛЫҚ КИІМІНЕ КҮН СӘУЛЕСІНЕН ҚОРҒАЙТЫН ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРЫН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ

Аңдатпа. Қолданыстағы нормативтік құжаттарда ұшқыштардың формалық киіміне күн сәулесінен қорғайтын қасиеттер бойынша тікелей талаптар қарастырылмаған, алайда ультракүлгін сәулеленудің (УФ) кәсіби әсері ғылыми түрде расталған. Жұмыстың мақсаты – өндіруші мәлімдеген ультракүлгіннен қорғаныс деңгейі (UPF) бар тоқыма материалдарын негізгі сыртқы қабат ретінде пилоттың формалық жейдесіне енгізудің орындылығын негіздеу және бағалау. Зерттеуде кешенді (аралас) тәсіл қолданылды: салалық әдебиет пен реттеуші-құқықтық актілерді талдау арқылы олқылықтарды айқындау; функционалдық материалдар саласындағы шешімдерді технологиялық трансферлеу және бейімдеу мақсатында outdoor сегментіндегі эталондық жейделерді салыстырмалы бағалау; UPF-тоқымалардың эксплуатациялық-гигиеналық негізгі көрсеткіштері (ауаөткізгіштік, мыжылуға төзімділік, түкшеленуге (пиллингке) төзімділік) бойынша зертханалық сынақтар жүргізу. Кешенді бағалау нәтижесінде күннен қорғайтын қасиеттері бар пилоттың формалық жейдесін жобалауға арналған прототип таңдалды. Ғылыми жаңалығы – кемелденген тұтыну секторынан авиациялық формаға технологиялық шешімдерді көшірудің (технологиялық трансфердің) қайталанатын алгоритмін ұсыну. Практикалық маңызы – ұшқыштардың фотобиологиялық жүктемесін төмендету және эксплуатациялық әсерін тексеруге арналған тәжірибелік партияны шығаруға даярлық.

Тірек сөздер: күннен қорғайтын тоқыма, пилоттың формалық киімі, азаматтық авиация, кәсіби ультракүлгін әсері, ультракүлгіннен қорғаныс деңгейі (UPF), функционалды тоқыма материалдары, белсенді демалыс киімі (outdoor).

Азиз-Кариева, Н.Н. Азаматтық авиация ұшқыштарының формалық киіміне күн сәулесінен қорғайтын тоқыма материалдарын интеграциялау [Мәтін] / Н.Н. Азиз-Кариева, Р.О. Жилисбаева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.240-251. https://doi.org/10.55956/HJRY2433

Кіріспе. Азаматтық авиация ұшқыштарының формалық киімі әуе компанияларының имиджін қалыптастыратын негізгі элементтердің бірі болып қала береді: бұл сегментте корпоративтік стиль мен сыртқы келбеттің регламенттелген талаптарына қатаң сәйкестік көбіне эргономикалық және қорғаныштық сипаттамалардан басым түседі. Дегенмен, жыл сайын алыс

қашықтықтағы рейстер санының артуы және жұмыс ортасы мен сыртқы орта факторларының кешенді ықпалы жағдайында ұшқыштардың қызметтік киімінің функционалдық қасиеттеріне қойылатын талаптар күшейіп келеді. Қолданыстағы шешімдерді талдау қорғаныш функцияларын, соның ішінде зиянды өндірістік факторлар қатарына жататын ультракүлгін (УФ) сәулеленуді экрандау мәселелерінің жеткіліксіз пысықталғанын көрсетеді.

Ұшқыштар униформасына күн сәулесінен қорғайтын қасиеттерді енгізудің өзектілігі биіктік артқан сайын УФ-сәулелену қарқындылығының әрбір 1000 м сайын 10-12% өсетіні жөніндегі ғылыми дәлелденген деректермен айқындалады [1]. Бұл экипажға түсетін фотобиологиялық жүктемені едәуір күшейтеді. M. Sanlorenzo және т.б. (2015) жүргізген эксперименттік зерттеулер (АҚШ, Сан-Хосе және Лас-Вегас – күн радиациясы жоғары өңірлер) 30 000 фут (≈ 9,14 км) эшелонда 56,6 минут ұшу барысында ұшқыштардың алатын УФ-А (А типті ультракүлгін сәуле, UV-A) дозасы солярийдегі 20 минуттық сеансқа шамалас екенін көрсетті, бұл айқын кумулятивтік әсерді меңзейді [2]. Созылмалы ультракүлгін сәулелену тері жасушалары ДНҚ-сында тұрақты зақымдануларға әкеліп, мутагенез бен фотокәріленуді күшейтеді және меланома мен өзге де онкологиялық аурулардың даму қаупін едәуір арттырады [3]. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ; ағылш. World Health Organization, WHO) ультракүлгін зақымданулардың алдын алуда киім киюді ең маңызды қорғаныс шараларының бірі ретінде қарастырады [4]. Осыған байланысты ультракүлгіннен қорғаныс көрсеткіші жоғары киім (Ultraviolet Protection Factor, UPF) базалық тосқауылдың күшейтілген нұсқасы ретінде УФ-сәулеленудің алдын алуды тиімдірек қамтамасыз етеді, бұл оны ұшқыштар униформасында қолдануды негіздейді.

Салалық регламенттерде формалық киімнің күннен қорғайтын сипаттамалары бойынша тікелей талаптардың болмауы жағдайында технологиялық трансферді неғұрлым кемелденген сегменттен – белсенді демалысқа, туризм мен спортқа арналған киімдерден (outdoor-киім) – қолдану орынды болып табылады. Аталған сегментте UPF-материалдарды пайдалану күн радиациясының қауіпті әсерінің алдын алудың тиімді тәсілі ретінде өзін дәлелдеген.

Осы жұмыстың мақсаты – ультракүлгін сәулеленудің әуе кемесі экипажына қолайсыз ықпалы және меланома мен УФ-ассоциацияланған қатерлі тері жаңа түзілімдерінің тәуекелін төмендету шаралары туралы ғылыми деректерді жинақтау, сондай-ақ функционалдық тоқыма материалдарын жаңа салалық жағдайға бейімдеу мүмкіндігін бағалау: азаматтық авиация ұшқыштарының формалық киімін күннен қорғайтын қасиеттерді интеграциялау арқылы жобалау.

Қойылған мақсатқа жету үшін төмендегі міндеттер орындалды:

1. Медициналық деректер мен салалық үрдістерді талдау негізінде ұшқыштардың формалық киіміне күннен қорғайтын қасиеттерді интеграциялау қажеттілігі негізделді.

2. Белсенді демалыс, туризм және спорт киімі санатындағы UPF-материалдарды ұшқыштар униформасын жобалауға бейімдеу мүмкіндігі талданды.

3. Іріктелген материалдардың эксплуатациялық және эстетикалық сипаттамалары қолданыстағы стандарттарға сәйкес тәжірибелік түрде бағаланды.

4. УФ-қорғанысы интеграцияланған ұшқыш формалық кешенінің элементін жобалауға арналған базалық модель ретінде ұсынылатын прототип анықталды.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы азаматтық авиация ұшқыштарының формалық киімі сегментіне (бұған дейін бұл міндет аясында қарастырылмаған) күннен қорғайтын функцияны енгізудің орындылығын негіздеуде және кейіннен қолданбалы инженерлік шешімді ұсынуда көрінеді.

Ұсынылған тәсілдің негізінде тоқыма наноматериалдары мен тоқыма талшықтарының құрылымдық модификациялары эксплуатациялық қасиеттерді сақтай отырып, УФ-сәулеленуден ұзақ мерзімді әрі тұрақты қорғанысты қамтамасыз ете алады деген гипотеза жатыр.

Азаматтық авиацияның халықаралық ұйымы (*International Civil Aviation Organization*, ICAO) халықаралық стандарттар мен ұсынылатын практиканы (*Standards and Recommended Practices*, SARPs) белгілейді, алайда ұшқыштардың формалық киімінің сыртқы келбетін, қолданылатын материалдарын және функционалдық сипаттамаларын регламенттемейді. Мінез-құлық нормалары мен кәсіби презентация, соның ішінде визуалды сәйкестендіру, экипаждың қауіпсіздік мәдениеті мен құзыреттілігінің жалпы құрамдас бөлігі ретінде қарастырылады [5]. Униформаның дизайнына, сапасына және қасиеттеріне қойылатын талаптарды айқындау және бекіту ұлттық реттеуші органдардың (мысалы, Қазақстан Республикасында – Көлік министрлігі, Азаматтық авиация комитеті) және эксплуатанттардың (әуе компанияларының) құзыретіне жатады. Еңбекті қорғау және ұшу құрамының денсаулығы мәселелері ICAO тарапынан негізінен шаршауды басқару және жалпы психофизиологиялық жай-күй бойынша ұсынымдармен шектеледі [6]. Қазіргі уақытта ұшқыштардың формалық киіміне мамандандырылған қорғаныш қасиеттерін енгізу қажеттілігіне қатысты ресми ережелер жоқ. Алайда жұмыс ортасының ерекшеліктерін ескерсек, бұл аспектінің әлеуетті маңыздылығы негізді болып көрінеді.

Азаматтық авиация ұшқыштарында бұрыннан белгілі кәсіби аурулар (аудио-респираторлық, жүрек-қантамыр жүйесінің, тірек-қимыл аппаратының аурулары, көру және неврологиялық бұзылыстар) қатарында XX ғасырдың 1980-жылдарының соңы – 1990-жылдарының басынан бастап ұшу қызметі жағдайларымен байланысты онкологиялық тәуекелдерге арналған мақсатты зерттеулер жүргізіле бастады. Зерттеулер нәтижесінде ұшқыштар мен бортсеріктерде тері меланомасы және сүт безі обыры сияқты аурулардың жалпы халықпен салыстырғанда жиірек кездесетіні анықталды; бұл, болжам бойынша, иондаушы сәулеленудің, циркадтық ырғақтардың ығысуының және күн радиациясының (UV-A) ықпалымен түсіндіріледі. Бұл тұжырымдар 2002–2014 жылдары *British Medical Journal* және *JAMA Dermatology* журналдарында жарияланған ауқымды метаанализдермен расталды: онкологиялық тәуекелдердің жалпы популяциямен салыстырғанда орта есеппен 2,2 есе артатыны, әсіресе ұшу уақыты 5000 сағаттан асқанда, айқынырақ байқалатыны көрсетілді. Ішінара сүзілетін әйнек арқылы кабинаға өтетін және кумулятивтік әсерге ие күннің ультракүлгін сәулеленуі; биіктіктегі иондаушы ғарыштық сәулелену; сондай-ақ гормондық теңгерімге, иммундық функцияға және ДНҚ-ның қалпына келу үдерістеріне ықпал ететін биологиялық ырғақтардың десинхронизациясы тәуекелдің негізгі факторлары ретінде танылған [7,8]. 2015 жылдан бастап бейінді ұйымдардың – Ұлыбританияның Кәсіби жарақаттар жөніндегі консультативтік кеңесінің (*Industrial Injuries Advisory Council*, IIAC) және Әуе желілері ұшқыштары

қауымдастықтарының халықаралық федерациясының (*International Federation of Air Line Pilots' Associations,* IFALPA) – есептерінде ұшқыш мамандығының жоғары онкологиялық тәуекелмен байланысты болуы мүмкін екені атап өтіле бастады. ІІАС қорытындылары негізінде еңбек өтілі бес жылдан асатын ұшу құрамының мүшелері үшін меланоманы кәсіби аурулар тізбесіне енгізу ұсынылды [9,10].

Азаматтық авиацияның тұрақты өсімі, соның ішінде трансконтинентальды және жоғары ендіктердегі рейстер санының артуымен қатар жүруі [11], әуе тасымалы ауқымын кеңейтіп қана қоймай, персоналға сыртқы ортаның қолайсыз факторларының жинақтала әсер етуін күшейтеді. Ұшқыштар арасында меланома және өзге де онкологиялық патологиялардың сырқаттанушылық деңгейі жоғары екені жөніндегі эпидемиологиялық деректерді, сондай-ақ авиация саласы қызметкерлері санының алдағы өсімі туралы болжамдарды ескере отырып, кәсіби аурулардың алдын алу жүйесіне күннен қорғайтын құралдарды, оның ішінде тоқыма негізіндегі шешімдерді интеграциялау қажет. Сертификатталған УФ-қорғаныш қасиеттері бар киімді (UPF материалдарынан) ұшқыштар униформасының құрамына енгізу онкологиялық тәуекелді төмендетудің қолжетімді әрі тиімді тәсілі ретінде қарастырылуы мүмкін, әсіресе күн сәулесі ұзақ уақыт және тұрақты әсер ететін жағдайларда. Мұндай тәсілдер УФ-экспозиция деңгейі жоғары басқа кәсіби салаларда да, құрылыс, спорт және ауыл шаруашылығында, қолданылып келеді.

Аналитикалық есептер деректеріне сәйкес, UPF-тоқымалар мен күннен қорғайтын киімнің әлемдік нарығы әртүрлі кәсіби және тұтынушылық сегменттердегі сұранысты көрсететін тұрақты өсім үрдісін байқатады. Алдағы онжылдықта бұл нарықтың күннен қорғайтын тоқыма үшін орташа жылдық өсу қарқыны CAGR ≈ 5,5%, ал UPF таңбалауы бар киім үшін CAGR ≈ 4,3% деңгейінде тұрақты ұлғаюы болжанады [12,13]. Қазіргі таңда UPF-тоқыма өндіру технологияларының негізгі тренді – қорғаныш қасиеті талшық құрылымына енгізілген синтетикалық талшықтарды белсенді қолдану; мұндай материалдар қосымша өңдеусіз-ақ тұрақты UPF 50+ деңгейін қамтамасыз етеді. Бұл шешімдер жаппай өндірісте қолданылып келеді, ал олардың құны әдеттегі тоқыма полотноларымен салыстырғанда 2-3 есе жоғары, бұл функционалдық деңгейі мен ұзақ қызмет ету мерзімімен негізделеді [12]. Осылайша, УФ-экспозициямен байланысты аурулардың алдын алуға қызығушылықтың артуы жағдайында, соның ішінде кәсіби ортада да, UPF-тоқыма технологиялық тұрғыдан кемелденген әрі коммерциялық қолжетімді шешім ретінде бағаланады және оны мамандандырылған әрі формалық киім құрамына, оның ішінде азаматтық авиация ұшқыштарының экипировкасына интеграциялауға болады.

Эргономикалық сипаттамалар, қауіпсіз материалдарды пайдалану, пайдалану (эксплуатация) жағдайларын ескеру, сондай-ақ төтенше және күнделікті жағдайларда персоналды визуалды сәйкестендіруді қамтамасыз ету – жеңіл өнеркәсіп пен еңбекті қорғау жүйесі шеңберінде формалық және арнайы киімді жобалау мен қолдануды реттейтін салалық нормативтерде бекітілген негізгі талаптар. Еңбекке қабілеттіліктің төмендеуіне жол бермеу және әуе компанияларының тиісті имиджін қамтамасыз ету мақсатында осы қағидаттар азаматтық авиация ұшқыштарының формалық киімін әзірлеу кезінде де ескерілуі тиіс. Ұшқыштың формалық костюмінің ассортименті тұрақты құрамымен және ондаған жылдар бойы сақталып келе жатқан силуэттердің шектеулі вариативтілігімен ерекшеленеді. Ерлердің

классикалық костюмінің сызықтарына негізделген униформа, негізінен, корпоративтік символика мен айырым белгілерін (погондар, жеңге тағылатын нашивкалар) орналастыру, сондай-ақ оларды бекіту тәсілдері есебінен ғана түрлендіріледі.

Қызметтік экипировканың денемен тікелей жанасатын және ұшу тапсырмаларын орындау барысында ең қарқынды пайдаланылатын негізгі элементі – формалық жейде. Рейстерді орындау кезінде жинақтың үстіңгі бөліктері (пиджак, бас киім) әдетте қолданылмайды. Маусымдық шешімдер мен кабина микроклиматына бейімделу үшін униформаға көбіне трикотаж жилет немесе свитер қосылады. Мұндай тәжірибе, әсіресе ұзаққа созылатын (6-7 сағаттан астам) рейстер кезінде, тұйық жұмыс кеңістігінде жылулық және физиологиялық жайлылықты сақтау қажеттілігімен түсіндіріледі. Осыған байланысты жейде киімнің негізгі жұмыс қабаты ретінде кабина микроклиматының бірқатар факторларының тікелей әсеріне ұшырайды: инфрақызыл (жылулық) және ультракүлгін сәулелену, сондай-ақ борттық жабдықтан тарайтын электромагниттік өрістер. Демек, қорғаныш қасиеттерін, соның ішінде күн спектрінің зиянды құрамдастарын экрандау қабілетін интеграциялау ең алдымен дәл жейде үшін аса өзекті.

UPF-тоқыманы әзірлеудегі жетістіктерге және жетекші UPF-киім өндірушілері (*Coolibar, Solumbra, Columbia, Patagonia* және *UV Skinz*) шығаратын күннен қорғайтын киімнің тиімділігі көпжылдық тәжірибемен расталғанына сүйене отырып, белсенді демалысқа арналған киім (outdoor) сегментіндегі жейде үлгілері УФ-қорғаныш қасиеттері бар формалық киім ассортиментін жобалауда прототип ретінде қызығушылық тудырады. Бұл сегментті таңдаудың негіздемелері төмендегідей:

– зерттеу үшін қолжетімділіктің жоғары болуы (үлгілерді еркін сатып алу және өндірушілер сайттары мен маркетплейстерде көрсетілген паспорттық сипаттамаларды талдау мүмкіндігі);

– формалық жейдемен конструктивтік ұқсастығы (бұйым архитектурасының және негізгі бөлшектер жиынтығының салыстырмалылығы);

– конструктивтік-технологиялық шешімдердің пысықталған болуы (қосымша желдету аймақтары, функционалдық қалталар мен қосалқы құралдарға арналған бекіткіштер, жүктемесі жоғары аймақтардағы күшейтпелер);

– материалтанулық әртүрлілік (UPF деңгейі мәлімделген полотнолардың құрамы мен құрылымдарының кең спектрі).

Аталған факторлардың жиынтығы outdoor-сегментті кейіннен шешімдерді ұшқыштардың формалық киіміне қойылатын регламенттелген талаптарға бейімдеу үшін қолайлы әрі валидті «трансфер алаңы» ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Белгіленген критерийлерге, яғни эргономикалық сипаттамаларға, функционалдық және қорғаныш қасиеттерге, эксплуатациялық сенімділікке, сондай-ақ корпоративтік стиль мен сыртқы келбетке қойылатын талаптарға сәйкестікке сәйкес географиялық, технологиялық, конструктивтік және эстетикалық белгілерді қамтитын модель-аналогтар іріктелді. Олардың қатарына тактикалық және далалық міндеттерге арналған, саяхат пен табиғаттағы белсенді демалысқа арналған модельдер енгізілді, сондай-ақ салыстырмалы талдау жүргізу үшін қазіргі уақытта әуе компаниясы қызметкерлері қолданатын стандартты формалық жейде де қамтылды. Таңдау

кезінде заманауи униформаларда кең қолданылатын, мақта негізіндегі және құрамына полиэстер немесе полиамид қосылған аралас маталарды пайдаланудың орындылығы ескерілді. Мұндай құрамдар табиғи талшықтың гигиеналық қасиеттерін синтетиканың эксплуатациялық артықшылықтарымен ұштастырып, жайлылық, беріктік және күтімнің қолайлылығы арасындағы оңтайлы теңгерімді қамтамасыз етеді. Негізгі күннен қорғайтын функция үшін киімнің УФ-қорғанысын бағалаудың халықаралық стандарттарына сәйкес келетін, UPF 50+ ең жоғары рейтингі бар материалдарға басымдық берілді. Тиісті технологиялық трендтердің қазіргі және болжамды бағытын, сондай-ақ зерттеу өңірінде үлгілерді сатып алудың қолжетімділігін ескере отырып, келесі модельдер бойынша салыстырмалы талдау (1-кесте) жүргізілді:

Кесте 1

Модель-аналогтардың салыстырмалы сипаттамалары

№	Атауы, тағайындалуы, өндіруші	Сипаттама	Сыртқы көрінісі
1	2	3	4
1	Күннен қорғайтын табиғаттағы демалысқа арналған ND Kiwi жейдесі (*Craghoppers*, Ұлыбритания)	Негізгі мата: 65% қайта өңделген полиэстер, 35% мақта, 115 г/м², UPF 50+. SolarShield технологиясы – қорғаныш қасиеті матаның құрылымына енгізілген және пайдалану барысында сақталады.	
2	Күннен қорғайтын саяхатқа арналған Travel Packaway жейдесі (*Regatta Great Outdoors*, Ұлыбритания)	Негізгі мата: 96% полиэстер, 4% эластан, 125 г/м², UPF 50+. Isoflex технологиясы – созылмалы, тез кебетін, су тебетін мата; қорғаныс материалдың микрокұрылымында УФ-сәулені бөгейтін компоненттерді қолдану арқылы қамтамасыз етіледі.	
3	Күннен қорғайтын, жоғары берікті тактикалық жейде (*HardLand*, АҚШ)	Негізгі мата: 78% полиэстер, 22% мақта, 130 г/м², UPF 40+. УФ-қорғаныш қасиеттері Ripstop құрылымының жоғары тығыздығы, базалық талшықтың (полиэстердің) қасиеттері және УФ-стабилизаторларды енгізу комбинациясы есебінен қамтамасыз етіледі.	
4	Күннен қорғайтын балық аулауға арналған жейде (*MAGCOMSEN*, Қытай)	Негізгі мата: 100% полиэстер, 90 г/м², UPF 50+. Перфорацияланған торлы Ripstop құрылымы ауаөткізгіштікті арттырып, ылғалды сыртқа шығаруды және тез кебуді қамтамасыз етеді; УФ-қорғаныс полиэстердің құрылымдық қасиеттері мен УФ-стабилизаторларды қолдану есебінен жүзеге асады.	
5	Күннен қорғайтын белсенді демалысқа арналған AFRICA жейдесі (*Free Pilots Association*, Ресей)	Негізгі мата: 100% полиамид, 105 г/м², UPF 30+. УФ-қорғаныстың ұзақмерзімділігі синтетикалық жіптерді өндіру кезінде УФ-абсорбциялайтын қоспаларды (аддитивтерді) енгізу арқылы қамтамасыз етіледі.	

1-кестенің жалғасы

1	2	3	4
6	Формалық жейде (*Техноавиа*, Ресей)	Негізгі мата: 65% полиэфир, 35% мақта, 105 г/м². Ультракүлгін сәулеленуден қорғаныш қасиеті жоқ. Арнайы функционалдық бөлшектері бар: иық сызығы бойынша жұмсақ погондарды бекітуге арналған қондырма паттар.	

Ескерту: Ультракүлгіннен қорғаныс көрсеткіштері (UPF 30+, 40+, 50+) өндіруші брендтердің ресми сайттарында және олардың сауда өкілдерінің парақшаларында орналастырылған ақпарат негізінде келтірілді.

Осы зерттеуде өндірушілер мәлімдеген UPF мәндерін жалпыға қабылданған стандарттарға (EN ISO 13758-1/-2; AATCC TM 183-2020) сәйкес зертханалық верификациялау жүргізілген жоқ, өйткені қарастырылған брендтердің басым бөлігі нарықта ұзақ жылдан бері жұмыс істейтін, беделі қалыптасқан және өнім туралы мәліметтерді ашық жариялайтын өндірушілер болып табылады. Модель-аналогтарды салыстырмалы талдау маталар құрамын және УФ-қорғаныс технологияларын таңдауда орнықты үрдістердің бар екенін көрсетті. Ең кең таралғаны – полиэстер мен мақта негізіндегі аралас материалдар; олардағы әртүрлі деңгейдегі құрылымдық және химиялық модификациялар мәлімделген UPF көрсеткіштерін қамтамасыз етеді. Бірқатар модельдерде ультракүлгін сәуледен қорғаныс патенттелген технологияларды енгізу немесе УФ-стабилизаторларды қолдану есебінен іске асырылады. Алынған деректер материалдардың эксплуатациялық және эстетикалық қасиеттерін әрі қарай зерттеуге негіз қалыптастырды.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Пилоттың формалық жейдесін жобалау кезінде айқындаушы параметрлер ретінде мыналар қарастырылады: түкшеленуге бейімділік (пиллинг) – сыртқы көріністің презентабельдігін және тозуға төзімділікті сақтау үшін; мыжылғыштық/пішінін қалпына келтіру – ауысым бойы ұқыпты көріністі қамтамасыз ету үшін; ауаөткізгіштік – жылу мен ылғал алмасудың жеткілікті деңгейін қамтамасыз ету үшін.

Осыған байланысты белсенді демалыс киімі (outdoor) сегментіндегі UPF қасиеті бар материалдардың пилоттың формалық жейдесінде қолдануға жарамдылығын дәлелдеу мақсатында аталған көрсеткіштер бойынша зертханалық бағалау жүргізілді. Сынақтардың әдістемелік сипаттамасы (2-кесте) түрінде берілді.

Кесте 2

Зерттеу әдістері, жабдықтары және параметрлері

№	Зерттеу түрі	Әдіс	Жабдық	Стандарттар	Көрсеткіш атауы
1	2	3	4	5	6
1	Тоқыма материалдардың мыжылуға төзімділігін анықтау	Зертханалық аспаптарды қолдана отырып, бақыланатын мыжу әдісі	СМТ (ЦНИХБИ жанындағы Мәскеу тәжірибелік зауыты, Ресей)	ISO 2313:1972 ГОСТ 19204-73	Мыжылмағыштық коэффициенті

2-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
2	Тоқыма материалдардың ауаөткізгіштігін анықтау	Тұрақты қысым айырмасы жағдайында мата арқылы өтетін ауа көлемін анықтау әдісі	МТ 160 («Метротекс» ЖШҚ, Ресей)	ISO 9237:1995 ГОСТ 12088-77	Ауаөткізгіштіктің орташа көрсеткіші
3	Тоқыма материалдардың үйкелуге төзімділігі мен пиллингке бейімділігін анықтау	Мартиндейл әдісі	TF 210 (TESTEX, Қытай)	ISO 12945-2:2000 ГОСТ Р ИСО 12945-2-2012	Пиллингтің орташа көрсеткіші

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Сынақтар қорытындысы бойынша зерттелетін материалдардың эксплуатациялық және эстетикалық қасиеттерін сипаттайтын мәндер анықталды. Мыжылуға төзімділік, ауаөткізгіштік және пиллингке бейімділік бойынша жинақталған нәтижелер 3-кестеде берілген (*қалың қаріппен – бұйымға қойылатын нормативтік талаптарға ең жоғары сәйкестік көрсеткен мәндер белгіленді*).

Кесте 3

2-кестеде келтірілген әдістер бойынша зерттелетін материалдар үшін көрсеткіштерді өлшеу нәтижелері

№	Көрсеткіш атауы, өлшем бірлігі	Үлгінің атауы					
		ND Kiwi жейдесі, *Craghoppers*	Travel Packaway жейдесі, *Regatta Great Outdoors*	Тактикалық жейде, *Hardland*	Балық аулауға арналған жейде, *Magcomsen*	AFRICA жейдесі, *Free Pilots Association*	Формалық жейде, Техноавиа
1	Мыжылмағыштық коэффициенті, %	**63,9**	61,1	**63,9**	**63,9**	61,1	52,8
2	Ауаөткізгіштіктің орташа көрсеткіші, дм³/(м²·с)	**56,9**	**57**	31,82	172,5	56,54	**57**
3	Пиллингке төзімділіктің орташа көрсеткіші, балл	**5**	4,3	**5**	**5**	**5**	4,3

Ескерту:

1. ISO 2313:1972 және ГОСТ 19204-73 стандарттарына сәйкес, мыжылмағыштық коэффициенті материалдың мыжылғаннан кейін пішінін қалпына келтіру қабілетін сипаттайды; оның мәні неғұрлым жоғары болса, бұйым эксплуатация барысында пішінін және сыртқы көрінісін соғұрлым жақсы сақтайды.

2. Алынған мәндер (31,82-57 дм³/(м²·с)) ГОСТ 11518-88 бойынша жейделік маталарға қойылатын нормадан (≥ 150-300 дм³/(м²·с)) төмен. Дайын

жейделер үшін ГОСТ 30327-2013 бойынша ≥ 60 дм³/(м²·с) мәні рұқсат етілетін деңгей болып есептеледі. Пилот жейдесіне арналған оңтайлы нормалар – осы жұмыста авторлық зерттеулер нәтижелері мен дереккөздерді талдау негізінде ұсынылған диапазонға сәйкес 80-120 дм³/(м²·с).

3. Пиллингке төзімділіктің балдық бағасы ГОСТ Р ИСО 12945-2-2012 шкаласы бойынша берілді: 5 балл – пиллинг жоқ; 4 – өте әлсіз; 3 – орташа; 1-2 – айқын пиллинг.

Мыжылуға төзімділік, ауаөткізгіштік және пиллингке бейімділік бойынша кешенді көрсеткіштерді талдау зерттелген үлгілердің ешқайсысы азаматтық авиация пилотының формалық жейдесіне арналған осы жұмыста ұсынылған мақсатты ауаөткізгіштік диапазонына (80-120 дм³/(м²·с)) толық сәйкес келмейтінін көрсетті. Дегенмен, эксплуатациялық және эстетикалық сипаттамалардың жиынтығы бойынша талаптарға ең жоғары сәйкестікті ND Kiwi (Craghoppers) үлгісі көрсетті: ол мыжылмағыштық коэффициентінің жоғары мәнін (63,9%), пиллингтің болмауын (5 балл) және дайын жейделер үшін ең төменгі рұқсат етілетін деңгейге жақын ауаөткізгіштікті (56,9 дм³/(м²·с)) үйлестіреді.

Бұдан бөлек, бұл модель-аналог прототипті таңдаудың критерийлеріне материалдың аралас құрамы арқылы да жауап береді: құрамында мақта және қайта өңделген полиэстер бар, бұл тұрақты және экологиялық бағдарланған өндірістің қазіргі үрдістерімен сәйкес келеді. Маңызды артықшылық ретінде ультракүлгін сәуледен қорғаныстың ең жоғары деңгейі (UPF 50+) атап өтіледі: қорғаныш қасиеті талшық құрылымына енгізілген, сондықтан эксплуатация барысында күннен қорғайтын әсердің ұзақмерзімділігі мен тұрақтылығы қамтамасыз етіледі.

ND Kiwi (Craghoppers**)** моделін таңдау оның пилоттың формалық жейдесіне конструктивтік тұрғыдан жарамдылығымен де негізделеді: классикалық силуэт және жаға түрі, қимыл еркіндігін арттыратын арқадағы қатпар, кеуде қалталарының болуы. Аталған сипаттамалардың жиынтығы бұл бұйымды және оны дайындауда қолданылған материалды ультракүлгіннен қорғанысы интеграцияланған пилоттың формалық жейдесін жобалау үшін базалық бағдар ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Зерттеуде азаматтық авиация ұшқыштарының кәсіби қызметімен байланысты УФ-экспозиция бойынша дәлелді база жүйелендіріліп, оның әсерін төмендету шаралары қарастырылды; фотоқорғанысы интеграцияланған формалық киімді жобалауда функционалдық тоқыма материалдарын қолданудың мүмкіндігі бағаланды. Жұмыста төмендегі әдістер пайдаланылды:

– ұшу құрамына ультракүлгін сәулеленудің әсер ету салдарлары туралы медициналық және салалық дереккөздерді талдау;

– униформаның УФ-қорғанысына қатысты тікелей талаптарды анықтамаған нормативтік-регуляторлық шолу;

– белсенді демалыс киімі сегментіндегі референттік (benchmark) модель-аналогтар бойынша салыстырмалы талдау және прототип таңдау;

– UPF деңгейі мәлімделген материалдардың негізгі тұтынушылық көрсеткіштері бойынша қолданыстағы стандарттарға сәйкес зертханалық сынақтар.

Коммерциялық қолжетімді outdoor жейделерін салыстыру УФ-қорғанысты қамтамасыз ететін синтетикалық және аралас материалдардың

басым екенін көрсетті. Зертханалық сынақтар олардың мыжылуға жоғары төзімділігін және пиллингке төмен бейімділігін растады, алайда ауаөткізгіштіктің мақсатты диапазонына зерттелген материалдардың ешқайсысы жеткен жоқ. Пилоттың формалық жейдесіне бейімдеу үшін прототип ретінде конструктивтік және материалтанулық сипаттамалардың ең жақсы жиынтық теңгерімін, сондай-ақ жейде ассортиментінің классикалық шешімдеріне сәйкестігін көрсеткен үлгі іріктелді.

Қорытындылар:

1. Пилот униформасының негізгі жұмыс қабатына (жейдеге) күннен қорғайтын тоқыма материалдарын енгізу кумулятивтік фотожүктемені төмендетудің технологиялық әрі ұйымдастырушылық тұрғыдан жүзеге асатын жолы болып табылады.

2. Белсенді демалыс, туризм және спорт киімі сегменті визуалды сәйкестендіру және қызметтік киімнің тозуға төзімділігі талаптарымен үйлесетін материалдар мен конструктивтік тораптарды дұрыс бейімдеуге арналған сыналған база береді.

3. Нақты UPF-материалдарды сериялық қолдану жөнінде инженерлік негізделген шешім қабылдау үшін басым тұтынушылық көрсеткіштердің (ауаөткізгіштік, мыжылмағыштық, пиллингке бейімділік) мақсатты диапазондарға сәйкестігін міндетті түрде растау қажет, өйткені олар эксплуатациялық жайлылыққа және ауысым бойы кәсіби келбетті сақтауға тікелей әсер етеді.

Алынған нәтижелер негізінде УФ-сәуледен қорғанысы интеграцияланған формалық жейделердің тәжірибелік партиясын дайындап, оны ұшу бөлімшелерінде эксплуатациялық валидациядан өткізу (жайлылық, термореттеу, сыртқы көріністің сақталуы) орынды. Мақсатқа жарамдылығы расталған жағдайда, ең төменгі талаптарды корпоративтік стандарттарда бекіту ұсынылады. Кейінгі жұмыс маусымдық сценарийлер үшін материалдар номенклатурасын кеңейтуді және жұмыс орнының эргономикасы мен эксплуатация ерекшеліктерін ескере отырып, конструктивтік шешімдерді нақтылауды қамтуы мүмкін.

Осылайша, зерттеу пилоттың формалық жейдесіне күннен қорғайтын функцияны интеграциялаудың орындылығы мен жүзеге асырылатыны жөніндегі бастапқы гипотезаны растайды, материалдарға қойылатын талаптарды нақтылайды және енгізудің практикалық маршрутын қалыптастырады – тәжірибелік партия мен эксплуатациялық бағалаудан бастап, салалық деңгейдегі стандарттарда нормативтік спецификациялауға дейін.

Әдебиеттер тізімі

1. World Health Organization; World Meteorological Organization; United Nations Environment Programme; International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Global Solar UV Index: A Practical Guide. – Geneva: WHO, 2002. – 28 p.
2. Sanlorenzo M., Vujic I., Posch C., Cleaver J. E., Quaglino P., Ortiz-Urda S. The Risk of Melanoma in Pilots and Cabin Crew: UV Measurements in Flying Airplanes // JAMA Dermatology. – 2015. – Vol. 151. – No. 4. – P. 450-452.
3. Manganelli M., Desiderio C., Toniolo C., Rosato S., Vismara M. F. M., Cannavò S. P., Ventura A., Guerra L., Facchiano A. Skin Photodamage and Melanomagenesis // Cancers. – 2025. – Vol. 17. – No. 11. – P. 1784.
4. World Health Organization. Radiation: protecting against skin cancer. — 16.07.2024. – [Electronic resource]. – Access mode: https://www.who.int/news-

room/questions-and-answers/item/radiation-protecting-against-skin-cancer. Date of access: 13.07.2025.
5. International Civil Aviation Organization. Safety Management Manual (SMM). Doc 9859. – 4th ed. – Montreal: ICAO, 2018. – 182 p.
6. International Civil Aviation Organization. Annex 6 to the Convention on International Civil Aviation. Part I: International Commercial Air Transport – Aeroplanes. – 11th ed., July 2018. – Montreal: ICAO, 2018. – 292 p.
7. Miura K., Olsen C. M., Rea S., Marsden J., Green A. C. Do airline pilots and cabin crew have raised risks of melanoma and other skin cancers? A systematic review and meta-analysis // The British Journal of Dermatology. – 2018. – Vol. 181. – No. 1. – P. 55-63.
8. Sanlorenzo M., Wehner M. R., Linos E. и др. The risk of melanoma in airline pilots and cabin crew: a meta-analysis // JAMA Dermatology. – 2015. – Vol. 151. – No. 1. – P. 51-58.
9. Industrial Injuries Advisory Council (IIAC). Cutaneous Malignant Melanoma and Occupational Exposure to (Natural) UV Radiation in Pilots and Aircrew. – London: IIAC, 12 May 2020. – 50 p.
10. IFALPA. Ocular Hazards of Ultraviolet (UV) and Blue Light Exposure (Briefing Leaflet 24HUPBL01). – Montréal: International Federation of Air Line Pilots' Associations, 06.05.2024. – 5 p.
11. International Air Transport Association (IATA). Global air passenger demand surpassed pre-pandemic levels in 2024 // Press Release. – 30.01.2025. – [Electronic resource]. – Access mode: https://www.iata.org/en/pressroom/2025-releases/2025-01-30-01/. Date of access: 02.08.2025.
12. Market Research Future. Fabrics for Sun Protection Market Research Report – Global Forecast till 2034. – [Electronic resource]. – Access mode: https://www.marketresearchfuture.com/reports/fabrics-for-sun-protection-market-25810. Date of access: 06.08.2025.
13. Market Research Future. UPF Sun Protective Clothing Market Research Report — Global Forecast till 2034. – [Electronic resource]. – Access mode: https://www.marketresearchfuture.com/reports/upf-sun-protective-clothing-market-30314. Date of access: 06.08.2025.

Материал редакцияға 21.10.25 түсті, 19.12.25 қабылданды.

Н.Н. Азиз-Кариева[1], Р.О. Жилисбаева[1]

[1]Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

ИНТЕГРАЦИЯ СОЛНЦЕЗАЩИТНОГО ТЕКСТИЛЯ В ФОРМЕННУЮ ОДЕЖДУ ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Аннотация. Действующие нормативные документы не содержат прямых требований к солнцезащитным свойствам форменной одежды пилотов, несмотря на подтверждённое профессиональное воздействие ультрафиолетового излучения. Цель работы – обоснование и оценка интеграции текстиля с заявленным уровнем защиты от ультрафиолета (UPF) в форменную рубашку пилота как базовый рабочий слой. Применён комбинированный подход: целевой анализ профильной литературы и регуляторных актов с идентификацией пробелов; сравнительная оценка референтных сорочек для активного отдыха с целью заимствования и адаптации практик в области функциональных материалов; лабораторные испытания UPF-тканей по ключевым эксплуатационно-гигиеническим показателям (воздухопроницаемость, устойчивость к смятию и пиллингу). В результате комплексной оценки определён прототип для проектирования форменной рубашки

пилота с солнцезащитными свойствами. Научная новизна состоит в воспроизводимом алгоритме технологического трансфера из зрелого потребительского сектора в авиационную форму. Практическая значимость – снижение фотобиологической нагрузки у пилотов, готовность к выпуску опытной партии для эксплуатационной проверки эффекта.

Ключевые слова: солнцезащитный текстиль, униформа пилота, гражданская авиация, профессиональная УФ-экспозиция, уровень УФ-защиты (UPF), функциональные текстильные материалы, одежда для активного отдыха (outdoor).

N.N. Aziz-Karieva[1], R.O. Zhilisbaeva[2]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

INTEGRATION OF SUN-PROTECTIVE TEXTILES INTO CIVIL AVIATION PILOTS' UNIFORMS

Abstract. Current regulatory documents do not specify explicit requirements for the sun-protective performance of pilots' uniforms, despite confirmed occupational ultraviolet exposure. The aim of this work is to substantiate and evaluate the integration of UPF-rated textiles into a pilot uniform shirt as the primary uniform layer. A combined approach was used: a targeted review of domain literature and regulatory acts with gap identification; a comparative assessment of reference outdoor shirts to borrow and adapt practices from functional textiles; and laboratory testing of UPF fabrics for key performance and hygiene indicators (air permeability, wrinkle/crease resistance, and pilling resistance). The comprehensive assessment resulted in the selection of a prototype for designing a pilot uniform shirt with sun-protective properties. The scientific novelty lies in a reproducible algorithm for technology transfer from a mature consumer segment to aviation uniform apparel. The practical significance is the potential to reduce pilots' photobiological load and the readiness to produce a pilot batch for operational evaluation of the effect.

Keywords: sun-protective textiles, pilot uniform, civil aviation, occupational UV exposure, Ultraviolet Protection Factor (UPF), functional textile materials, outdoor apparel.

ҒТАМР 64.29.01

Г.О. Тулендиева[1] – *основной автор*, **М.Ш. Шардарбек[2], Ж.К. Гафуров[3], Ж.К. Боркулакова[4]**

[1,4]*Докторант,* [2]*Техн. ғылым. канд, доцент,* [3]*Техн. ғылым. д-ры, доцент*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0002-3095-9058* [2]*https://orcid.org/0000-0002-9787-5684* [3]*https://orcid.org/0000-0002-2253-7306* [4]*https://orcid.org/0000-0001-5382-9064*

[1,2,4]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан*

[3]*Джизак политехникалық институты, Джизак, Өзбекстан*

@ [1]*tulendieva_gulmira@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/LRQJ3606

ИГЕРІЛМЕГЕН ЖҮНДІ БЕЙМАТА МАТЕРИАЛДАРЫНА ӨҢДЕУДІҢ ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНА ШОЛУ

Аңдатпа. Мақалада беймата материалдарын қалыптастыру және біріктірудің қазіргі заманғы технологияларына шолу жасалған. Беймата қалыптастырудың негізгі әдістері (құрғақ, дымқыл, полимерлі), сондай-ақ талшықтарды біріктіру тәсілдері (механикалық, термиялық, химиялық және аралас) қарастырылды. Олардың артықшылықтары мен шектеулері келтіріліп, салыстырмалы сипаттамасы мен өндірістік технологиялық циклдің сызбалары берілді. Шолу талшықтарды біріктіру әдісін таңдау материалдардың қажетті сипаттамаларын және функционалдығын қамтамасыз етудегі негізгі фактор екенін растайды.

Тірек сөздер: беймата материалдары, бейматаны қалыптастыру, талшықтарды біріктіру, механикалық әдістер, термиялық әдістер, химиялық әдістер, аралас технологиялар.

Тулендиева, Г.О. Игерілмеген жүнді беймата материалдарына өңдеудің заманауи технологияларына шолу [Мәтін] / Г.О. Тулендиева, М.Ш. Шардарбек, Ж.К. Гафуров, Ж.К. Боркулакова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.252-259. https://doi.org/10.55956/LRQJ3606

Кіріспе. Жүн негізіндегі беймата материалдар соңғы жылдары экологиялық тазалығы, жаңартылатындығы және функционалдық қасиеттерінің жоғары болуына байланысты зерттеушілер мен өндірушілердің қызығушылығын арттырып отыр. Жүннің жылуөткізгіштігі төмен, ауа өткізгіштігі жоғары және ылғалды реттеу қабілетінің болуы оны жылуоқшаулағыш және техникалық материалдар өндіру үшін перспективалы шикізат ретінде қарастыруға мүмкіндік береді [1-3].

Алайда қой қырқукезінде алынатын дөрекі жүннің едәуір бөлігі жеңіл өнеркәсіпте сұранысқа ие болмай игерілмей қалып отыр. Мұндай жүн көбінесе орынсыз жойылып, экологиялық мәселелердің туындауына және құнды шикізаттың жоғалуына алып келеді. Оны тиімді пайдаланудың ұтымды бағыттарының бірі – беймата материалдар өндіру мақсатында қайта өңдеу болып табылады. Бұл материалдар құрылыс саласында, жеңіл өнеркәсіпте, автомобиль өнеркәсібінде және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылықта кеңінен қолданылады [1,2,4-6].

Қазіргі уақытта жүнді беймата материалдарға қайта өңдеудің бірнеше технологиялық тәсілдері бар: инетесімді біріктіру, термиялық біріктіру, химиялық және аралас әдістер. Әрбір тәсілдің бастапқы шикізаттың сапасына, процестердің энергия сыйымдылығына және дайын өнімнің қасиеттеріне байланысты өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар.

Осыған байланысты игерілмеген жүннен беймата материалдар өндіру технологияларын жүйелеу, оларды салыстырмалы түрде талдау және практикалық қолдану перспективаларын бағалау өзекті мәселе болып табылады.

Мақаланың мақсаты – игерілмеген жүнді беймата материалдарға қайта өңдеудің заманауи технологияларын жүйелеу, олардың технологиялық ерекшеліктері мен қолдану мүмкіндіктерін талдау және қарастыру.

Ғылыми зерттеулерге шолу және талдау. *Жүннен беймата материалдарын жасау технологиялары.* Жүн негізіндегі беймата материалдар талшықтарды біріктірудің әртүрлі тәсілдері арқылы алынады: механикалық, термиялық, химиялық және аралас. Әрбір әдістің алынатын материалдардың қолдану саласын айқындайтын өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар. Көптеген технологияларға ортақ ерекшелік – арнайы желілерде жүзеге асырылатын өндірістік процестің үздіксіздігі. Бұл төмен шығынды, жаппай өндірісті және материал қасиеттерін кең ауқымда өзгерту мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Беймата материалдарды өндірудің барлық әдістерінің негізінде екі негізгі кезең жатыр: талшықты матаны қалыптастыру және оны кейіннен біріктіру. Біріктіру жеке тәсілдермен де, олардың комбинациясы арқылы да жүзеге асырылуы мүмкін. Беймата материалдарды өндірудің технологиялық циклының реттілігі 1-суретте сызбалық түрде көрсетілген.



Сурет 1. Беймата материалдарды өндірудің технологиялық процесінің сызбасы

Жайманы қалыптастыру әдістерін шартты түрде үш негізгі топқа бөлуге болады: құрғақ әдіс, ылғалды әдіс және полимерден тікелей қалыптастыру әдісі [7].

Құрғақ әдіс (dry-laid) кардтытарау немесе аэродинамикалық қондырғыларды қолдануға негізделген, бұл жағдайда талшықтар бос құрылымды жайма түрінде таратылады [8]. Бұл әдіс жүнді қайта өңдеуде кең таралған әдістердің бірі болып табылады, себебі материалдың тығыздығы мен қалыңдығын реттеуге мүмкіндік береді.

Ылғалды әдіс (wet-laid) талшықтардың судағы суспензиясынан жайма қалыптастырып, кейін ылғалды кетіруді қамтиды. Бұл әдіс қағаз өндіру технологиясына жақын және талшықтардың біркелкі таралуын қамтамасыз етеді, бұл әсіресе сүзгілік және техникалық материалдар үшін маңызды. Бұл тәсілде негізінен целлюлозалық немесе шыны талшықтар қолданылады [9].

Полимерден тікелей қалыптастыру (spunlaid) әдісі жеке талшықтарды өндіру кезеңін айналып өтіп, полимер балқымасынан тікелей жүзеге асырылады. Spunlaid технологияларына spunbond, meltblown және олардың комбинациялары жатады. Бұл технологиялар беймата материалдардың синтетикалық сегментінде кеңінен қолданылады және жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді.

Spunbond технологиясында талшықтар полимерді балқытып, балқыманы иіру фильералары арқылы экструзиялау, кейін созу және қозғалмалы торға төсеу арқылы қалыптастырылады.

Meltblown технологиясында полимер балқымасынан жоғары температуралы ауа ағыны арқылы аса жіңішке талшықтар түзіліп, олар жайма түрінде шөгеді. Бұл әдістердің ерекшелігі – төсеу барысында талшықтардың белгілі бір жабысқақтығы мен температурасының сақталуы, соның нәтижесінде автоматты түрде термиялық бекіту жүзеге асады [10,11].

Талшықты жайманы қалыптастыру әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Талшықты жайма қалыптастыру әдістері: артықшылықтары мен кемшіліктері

Қалыптастыру әдісі	Принципі	Артықшылықтары	Кемшіліктері
Құрғақ әдіс (dry-laid)	Кардтытарау машиналар немесе ауа ағыны арқылы талшықтарды қабатқа төсеу	Технологияның қарапайымдылығы, төмен шығын, дөрекі және қысқа, табиғи талшықтарды өңдеу мүмкіндігі	Талшықтардың біркелкі таралмау қаупі, тығыздықтың шектеулілігі
Ылғалды әдіс (wet-laid)	Талшықтарды су суспензиясынан торға тұндыру содан кейін сусыздандыру	Талшықтардың біркелкі таралуы, жайманың жоғары біртектілігі, жұқа әрі тығыз материал алу мүмкіндігі	Су мен энергияның жоғары шығыны, ағын суларды тазалау қажеттілігі, талшық түрлерінің шектеулілігі
Полимерден тікелей қалыптастыру (spunlaid)	Полимер балқымасын экструзиялау арқылы талшықтар қалыптастырып, оларды жаймаға тұндыру	Жоғары өнімділік, бекітумен біріктіру мүмкіндігі, арнайы қасиеттер беру	Тек синтетикалық талшықтармен шектелуі, жабдықтың жоғары құны

Біріктіру беймата материалдың механикалық қасиеттерін – беріктігін, кеуектілігін, иілгіштігін, жұмсақтығын және тығыздығын анықтайтын негізгі фактор болып табылады. Біріктіру жеке операция ретінде де орындалуы мүмкін, алайда көбіне жайма қалыптастыру процесімен бір мезгілде жүзеге асырылады. Бұрын атап өтілгендей, талшықтарды біріктіру механикалық,

химиялық, термиялық тәсілдермен немесе олардың комбинациясымен іске асырылады.

Механикалық біріктіру талшықтардың физикалық түрде айқасуы мен өзара ілінісуіне негізделген. Ең кең таралған әдістерге инетесімді, тігіп біріктіру және гидроағынмен нығыздау жатады. Бұл технологиялар байланыстырушы заттарды қолдануды қажет етпейді, сондықтан экологиялық қауіпсіз материалдар алынады. Инетесімді біріктіру кезінде арнайы тісті инелер жайма арқылы бірнеше рет өтеді, талшық шоғырларын іліп алып, қабаттың ішіне тартады. Нәтижесінде талшықтардың ретсіз шатасуы мен ілінісуі жүзеге асып, берік құрылым түзіледі. Жайма инелер өтетін перфорацияланған беттердің арасында үздіксіз қозғалады [12,13]. Дайын материалдың сапасы иненің құрылымына, олардың тығыздығы мен орналасу сызбасына, ену тереңдігіне және бірлік ауданға келетін тесу санына байланысты. Бұл параметрлердің оңтайлы үйлесімі материалдың тығыздығын, беріктігін және қалыңдығын реттеуге мүмкіндік береді [14,15]. Гидробіріктіру (spunlace) әдісі жоғары қысымдағы жіңішке су ағындарының әсеріне негізделген. Су ағындары талшықты жаймасының қалыңдығына еніп, талшықтарды өзара айқастырады. Ол үшін талшықты қабат тірек бетке төселіп, сол бет арқылы су ағындары беріледі. Нәтижесінде талшықтар орын ауыстырып, айқасып, берік құрылым түзеді. Өңдеуден кейін мата кептіріледі, ал сыртқы түрін жақсарту үшін перфорация немесе бедерлеу жүргізілуі мүмкін. Бұл процесс «спанлейс» (spunlace) деп те аталады, себебі су ағындарының қысымы мен конфигурациясына байланысты шілтерге ұқсас әртүрлі текстуралар мен сәндік әсерлер алуға болады [16]. Тігіп біріктіру (stitch-bonding) әдісі талшықты жайманы жіптермен тігу арқылы нығайтуды көздейді. Жіптер қабаттың жекелеген бөліктерін бекітіп, құрылымның тұрақтылығы мен беріктігін қамтамасыз етеді. Бұл тәсіл жоғары механикалық беріктігі бар материалдар алуға және әртүрлі талшықтардың немесе қосымша қабаттардың қасиеттерін біріктіретін құрылымдар жасауға мүмкіндік береді [17].

Термиялық әдістер жылу энергиясын қолдана отырып, талшықтарды ішінара балқыту немесе жұмсарту және оларды жанасу нүктелерінде біріктіруге негізделген. Ең кең қолданылатындары:

– каландрлеу, мұнда жайма қыздырылған айналмалы біліктер арасынан өткізіледі. Температура мен қысым әсерінен талшықтар жанасу нүктелерінде балқып, берік торлы құрылым түзеді;

– ыстық ауамен біріктіру, бұл кезде ыстық ауа талшықты қабат арқылы өтіп, термопластикалық компоненттерді белсендіріп, талшықтардың нүктелік балқуына әкеледі [18,19].

Термиялық біріктірудің артықшылығы – жеңіл, кеуекті және серпімді, өлшемдік тұрақтылығы жоғары материалдар алу мүмкіндігі. Шектеуі – жайма құрамында термопластикалық талшықтардың немесе қоспалардың болуы қажеттілігі шарт [12].

Химиялық біріктіру әртүрлі полимерлі байланыстырушыларды ерітінді, дисперсия, көбік немесе ұнтақ түрінде талшықты жаймаға жағу арқылы жүзеге асырылады. Кептіру немесе полимерлену нәтижесінде байланыстырушы талшықтарды бекітіп, берік құрылым түзеді. Негізгі тәсілдерге:

– толық сіңдіру (saturation bonding);

– бүрку (spray bonding);

– басып шығару немесе өрнек салу (print bonding) жатады.

Химиялық біріктіру материалдың беріктігі мен ұзақ мерзімділігін арттырып, қасиеттер ауқымын (су өткізбейтіндік, отқа төзімділік және т.б.) кеңейтеді. Алайда оның кемшілігі – экологиялық көрсеткіштердің төмендеуі және жайманың қаттылығының артуы мүмкіндігі [7].

Аралас біріктірілген әдістер. Қазіргі практикада механикалық, термиялық және химиялық тәсілдерді біріктіретін технологиялар кеңінен қолданылады. Бұл әр әдістің кемшіліктерін өтеп, қасиеттердің оңтайлы теңгерімін қамтамасыз етеді. Мысалдар:

– инемен бекіту мен термиялық бекітуді үйлестіру – жоғары беріктік пен өлшемдік тұрақтылықты қамтамасыз етеді;

– гидробіріктіру мен химиялық байланыстыруды біріктіру – тозуға төзімді және функционалды жабындары бар материалдар алуға мүмкіндік береді;

– табиғи және термопластикалық талшықтар қоспасын қолдану, мұнда термиялық өңдеу құрылымды бекітеді, ал механикалық немесе химиялық тәсілдер қажетті беріктікті қамтамасыз етеді [20].

Осылайша, аралас әдістер беймата материалдарды әртүрлі қолдану салалары үшін, жеңіл сүзгілер мен медициналық бұйымдардан бастап ауыр техникалық маталар мен құрылыс жылуоқшаулағыштарына дейін жобалауда кең мүмкіндіктер береді.

Талшықтарды бекіту әдістерінің салыстырмалы талдауы 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

Талшықтарды бекіту әдістері: артықшылықтары мен кемшіліктері

Әдіс	Принципі	Артықшылықтары	Кемшіліктері
Механикалық	Талшықтардың физикалық айқасуы мен ілінісуі	Экологиялық қауіпсіз, технологиясы қарапайым, кеуектілігі жоғары, иілгіш	Құрылымды бақылау шектеулі, тозуға төзімділігі төмен, гидробіріктіру энергияны көп қажет етеді
Термиялық	Қыздыру арқылы термопластикалық талшықтарды балқыту	Жоғары өнімділік, құрылымның біркелкілігі	Негізінен термопластикалық талшықтарға ғана жарамды, таза табиғи талшықтар үшін шектеулі
Химиялық	Жабысқақ және полимерлі байланыстырушыларды қолдану	Жоғары беріктік, арнайы қасиеттер беру мүмкіндігі, әмбебап	Экологиялық тәуекелдер, қайта өңдеудің қиындығы, қалдық химикаттар
Аралас	Әдістерді үйлестіру	Артықшылықтарды біріктіру, қасиеттер ауқымын кеңейту	Технологияның күрделілігі, өзіндік құнының жоғарылауы

Игерілмеген дөрекі жүнді қайта өңдеу жағдайында технологиялық әдістерді дұрыс таңдау ерекше маңызға ие, өйткені бұл тек функционалды

беймата материал алуды ғана емес, сонымен қатар процестің экономикалық тиімділігін де қамтамасыз етуі тиіс. Беймата материалдарды қалыптастыру мен бекітудің қолданыстағы әдістерін талдау көрсеткендей, мұндай шикізатпен жұмыс істеу барысында механикалық әдістер, ең алдымен инетесімді әдісі ең тиімді көрседеп танылады. Термикалық және химиялық тәсілдермен салыстырғанда, механикалық инетесімді әдіс қымбат байланыстырушы заттарды қолдануды талап етпейді, технологиялық іске асырылуы салыстырмалы түрде қарапайым және ұзындығы мен қалыңдығы әртүрлі талшықтарды өңдеуге мүмкіндік береді.

Дөрекі жүнді беймата материалдарын қалыптастыруда инетесімді әдісінің экономикалық тиімділігі төмен сортты шикізатты терең алдын ала даярлаусыз пайдалануға болатындығымен де түсіндіріледі. Бұл әдіс талшықтардың механикалық түрде өзара шатасуы есебінен материалдың берік кеңістіктік құрылымын қалыптастыруға мүмкіндік береді, бұл әсіресе термикалық бекітуге нашар көнетін қатты әрі ірі талшықтарды өңдеу кезінде маңызды. Сонымен қатар, инетесімді технологиясы салыстырмалы түрде төмен энергия шығынымен және бастапқы талшықты шикізат қасиеттерінің өзгергіштігіне жоғары бейімделгіштігімен сипатталады.

Айта кету керек, сұранысы төмен, дөрекі талшықты жүнді қайта өңдеу қолданылатын әдістерді таңдау мен олардың параметрлеріне елеулі әсер ететін бірқатар технологиялық шектеулермен қатар жүреді. Негізгі шектеулерге талшықтардың жоғары қалыңдығы мен қаттылығы, олардың ұзындығының айқын біркелкі еместігі, сондай-ақ өсімдік және минералдық қоспалардың жоғары үлесі жатады. Бұл ерекшеліктер кардты тарау процестерін қиындатады, біркелкі талшықты төсем қалыптастыруды күрделендіреді және технологиялық жабдықтардың тозуын арттыруы мүмкін.

Аталған шектеулер жағдайында механикалық әдістерді, әсіресе инетесімді технологиясын қолдану ең ұтымды шешім болып табылады, өйткені бұл тәсіл шикізаттың біркелкі болмауына сезімтал емес және жүнді аз алдын ала сұрыптау мен тазалаумен өңдеуге мүмкіндік береді. Осылайша, игерілмеген дөрекі талшықты жүнді қайта өңдеу кезінде инетесімді технологиясын пайдалану шикізаттың өзіндік ерекшеліктерін ескеріп қана қоймай, беймата материалдарды алудың технологиялық және экономикалық тиімділігін қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, қайта өңдеудің біріктірілген технологияларын пайдалану да перспективалы болып табылады. Мұндай технологиялар механикалық инетесімді әдісті қосымша физикалық немесе физика-химиялық әсерлермен үйлестіруді көздейді. Атап айтқанда, көпсатылы инетесімді әдістерін қолдану, сондай-ақ экологиялық қауіпсіз байланыстырушы заттарды немесе төмен концентрациядағы термопластикалық қоспаларды термиялық бекітуде пайдалану өзекті бағыт болып табылады. Осындай біріктірілген тәсілдер төмен сортты шикізатты қайта өңдеудің экономикалық тиімділігін сақтай отырып, алынатын беймата материалдардың функционалдық мүмкіндіктерін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Қорытынды. Жүргізілген талдау барысында механикалық, термиялық, химиялық және аралас технологияларды қамтитын беймата материалдарды қалыптастыру мен талшықтарды біріктірудің негізгі әдістері қарастырылды. Беймата материалдарды өндірудің технологиялық циклінің жалпы сұлбасы ұсынылып, дайындау кезеңдерінің реттілігі көрнекі түрде көрсетілді.

Әрбір әдістің өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілді: механикалық әдістер экологиялық тазалық пен әмбебаптылықты қамтамасыз

етеді, термиялық әдістер термопластикалық талшықтармен жұмыс істеуде жоғары өнімділікке ие, химиялық әдістер байланыстырушы заттар есебінен беріктік пен тұрақтылықты арттырады, ал аралас технологиялар қасиеттердің оңтайлы теңгеріміне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Салыстырмалы талдау көрсеткендей, әдісті таңдау соңғы өнімге қойылатын талаптарға, сондай-ақ экономикалық және экологиялық факторларға байланысты анықталады. Саланың дамуындағы қазіргі заманғы үрдістер процестердің тиімділігін арттыруға, энергия шығындарын азайтуға және экологиялық қауіпсіз технологияларды енгізуге бағытталған.

Осылайша, жүргізілген шолу талшықтарды бекіту әдісін таңдау беймата материалдардың қажетті сипаттамаларын қамтамасыз етудегі шешуші фактор екенін растайды, ал технологияларды жүйелеу олардың қолдану саласына қарай алу тәсілдерін оңтайлы таңдауға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Allafi F. et al. Advancements in applications of natural wool fiber //Journal of Natural Fibers. – 2022. – Т. 19. – №. 2. – С. 497-512.
2. Hetimy S. et al. Exploring the potential of sheep wool as an eco-friendly insulation material: A comprehensive review and analytical ranking //Sustainable Materials and Technologies. – 2024. – Т. 39. – С. e00812.
3. Lakshmanan A. Physical and chemical properties of wool fibers //Wool fiber reinforced polymer composites. – Woodhead Publishing, 2022. – С. 49-71.
4. Rajabinejad H., Bucişcanu I. I., Maier S. S. Current approaches for raw wool waste management and unconventional valorization: A review //Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ). – 2019. – Т. 18. – №. 7. P. 1439-56.
5. Bucişcanu I.I. Sustainable Alternatives for Wool Valorization //Annals of the University of Oradea. Fascicle of Textiles, Leatherwork. – 2014. – Т. 15. – №. 2. P. 27-32.
6. Korjenic A. et al. Sheep wool as a construction material for energy efficiency improvement //Energies. – 2015. – Т. 8. – №. 6. – С. 5765-5781.
7. Horrocks A. R., Anand S. C. (ed.). Handbook of technical textiles. – Elsevier, 2000.
8. Wilson A. The formation of dry, wet, spunlaid and other types of nonwovens //Applications of nonwovens in technical textiles. – Woodhead Publishing, 2010. – С. 3-17.
9. Appert-Collin J. C., Thomas D. Fibrous media //Aerosol filtration. – 2017. – С. 31-47.
10. Cook J., Kritzer P. Secondary Batteries–Nickel Systems| Alkaline Battery Separators. – 2009.
11. Zhang D. Nonwovens for consumer and industrial wipes //Applications of nonwovens in technical textiles. – Woodhead Publishing, 2010. – С. 103-119.
12. Kane F. Nonwovens in smart clothes and Wearable Technologies //Smart clothes and wearable technology. – Woodhead Publishing, 2009. – С. 156-182.
13. Ajmeri J. R., Ajmeri C. J. Developments in nonwoven as geotextiles //Advances in technical nonwovens. – Woodhead Publishing, 2016. – С. 339-363.
14. Midha V.K., Mukhopadyay A. Bulk and physical properties of needle-punched nonwoven fabrics //Indian Journal of Fibre and Textile Research. – 2005. – Т. 30. – №. 2. – С. 218.
15. Ishikawa T. et al. Structure analysis of needle-punched nonwoven fabrics by X-ray computed tomography //Textile Research Journal. – 2019. – Т. 89. – №. 1. – С. 20-31.
16. Edana. Nonwovens manufacturing process [Electronic resource]. – Access mode: https://www.edana.org/nw-related-industry/how-are-nonwovens-made#web-formation. Date of access: 03.09.2025.
17. Karthik T. et al. Nonwovens: process, structure, properties and applications. – WPI Publishing, 2017.
18. Russell S. J. Handbook of nonwovens. – Woodhead Publishing, 2022.

19. Mao N., Russell S. J. Fibre to fabric: nonwoven fabrics //Textiles and fashion. – Woodhead Publishing, 2015. – С. 307-335.
20. Methods and technologies of manufacturing nonwovens [Electronic resource]. – Access mode: https://polyline.ru/articles/sposoby-i-tehnologii-izgotovleniya-netkanyh-materialov. Date of access: 03.09.2025. [in Russian].

Материал редакцияға 09.09.25 түсті, 24.12.25 қабылданды.

Г.О. Тулендиева[1], М.Ш. Шардарбек[1], Ж.К. Гафуров[2], Ж.К. Боркулакова[1]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан
[2]Джизакский политехнический институт, Джизак, Узбекистан

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕВОСТРЕБОВАННОЙ ШЕРСТИ В НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ОБЗОР

Аннотация. В статье представлен обзор современных технологий формирования и скрепления нетканых материалов. Рассмотрены основные методы формирования полотна (сухой, мокрый, полимерный), а также способы скрепления волокон (механические, термические, химические и комбинированные). Приведены их преимущества и ограничения, дана сравнительная характеристика и схемы технологического цикла производства. Обзор подтверждает, что выбор метода скрепления волокон является ключевым фактором в обеспечении требуемых характеристик и функциональности материалов.

Ключевые слова: нетканые материалы, формирование полотна, скрепление волокон, механические методы, термические методы, химические методы, комбинированные технологии.

G.O. Tulendieva[1], M.Sh. Shardarbek[1], J. Gafurov[2], Zh.K. Borkulakova[1]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]Jizzakh Polytechnic Institute, Jizzakh, Uzbekistan

MODERN TECHNOLOGIES FOR PROCESSING UNUSED WOOL INTO NONWOVEN MATERIALS: A REVIEW

Abstract. The article provides an overview of modern technologies for web formation and fiber bonding in nonwoven materials. The main web formation methods (dry-laid, wet-laid, polymer-laid) and fiber bonding techniques (mechanical, thermal, chemical, and combined) are discussed. Their advantages and limitations are presented, along with a comparative analysis and technological cycle schemes. The review confirms that the choice of fiber bonding method is a key factor in ensuring the required properties and functionality of nonwoven materials.

Keywords: nonwoven materials, web formation, fiber bonding, mechanical methods, thermal methods, chemical methods, combined technologies.

ҒТАМР 64.29.17 : 64.29.81

Г.Ю. Калдыбаева[1] – *негізгі автор*,
И.А. Набиева[2], Р.Т. Калдыбаев[3], А. Мельдебек[4]

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

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0001-9817-0355 [2]https://orcid.org/0000-0001-6490-172X [3]https://orcid.org/0000-0002-1370-7553*

[1,3,4]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан
[2]Ташкент тоқыма және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент, Өзбекстан

@ *[1]gkaldybaeva@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/CGCN8309

ӘР ТҮРЛІ СЕЛЕКЦИЯЛЫҚ СҰРЫПТАҒЫ МАҚТА ТАЛШЫҚТАРЫНЫҢ ҚАСИЕТІНЕ ИІРІМЖІПТІҢ САПАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНІҢ ТӘУЕЛДІЛІГІ

Аңдатпа. Шикізат сапасы мен соңғы өнім арасында тығыз байланыс бар. Мақтаның жоғары сапасы қолайсыз өндіріс жағдайында да иірілген жіптің жоғары сапасына кепілдік береді. Демек, негізгі міндеттердің бірі – тұтынушылардың қалауын ескере отырып, жоғары сапалы иірілген жіптерді өндіру үшін мақта талшығының қасиеттерінің параметрлерінің әсерін зерттеу. Бұл мақалада халықаралық стандарттарға сәйкес HVI 1000 өлшеу жүйесінде әртүрлі селекциялық сұрыптың мақта талшықтарының сапа көрсеткіштерін анықтауға эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Сондай-ақ, иірілген жіптің сапасына ең үлкен әсер қыр-қоқыстардың қоспалары болып табылады, олар бастапқы өңдеу кезінде жеткілікті түрде өтпейді. Осыған байланысты Құмкоргон С-4727, Мақтарал 4011, Сұлтон мақта сорттары иірілген жіптің физикамеханикалық қасиеттерінің қыр-қоқыстар санына тәуелділігіне зерттелді. Алынған мәліметтер бір сұрыптың басқаларына қарағанда айтарлықтай артықшылықтарын анықтамайды, бірақ Кумкоргон және Султон сорттарында үзілістің салыстырмалы төмендеуі байқалады. Иірілген жіптің қасиеттерін дәл болжау үшін неғұрлым жан-жақты тәсіл және көп факторлы алгоритм қажет, өйткені бір факторлы эксперимент мақта талшығының параметрлерінің әсерінің толық көрінісін бермейді.

Тірек сөздер: мақта талшығы, сұрып, иірім жіп, иірім жіптің сапасы, талшықтардың ақаулары, физика-механикалық қасиеттері.

Калдыбаева, Г.Ю. Әр түрлі селекциялық сұрыптағы мақта талшықтарының қасиетіне иірімжіптің сапалық көрсеткіштерінің тәуелділігі [Мәтін] / Г.Ю. Калдыбаева, И.А. Набиева, Р.Т. Калдыбаев, А. Мельдебек //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.260-271. https://doi.org/10.55956/CGCN8309

Кіріспе. Шетелдік ғылыми әдебиеттерде талшықтың қасиеттерін және олардың иірілген жіптің жалпы сипаттамаларына әсерін зерттеуге арналған көптеген жұмыстар бар. Мысалы, K. Jumaniyazov мақтаны сақтау әдістерін, атап айтқанда байлам мөлшері мен талшықтардың байламдағы орналасуының талшық пен иірілген жіптің сапасына әсерін егжей-тегжейлі

сипаттайды [1]. Зерттеу көрсеткендей, талшықтар шоғырының әртүрлі қабаттарынан алынған мақта әртүрлі қасиеттерді көрсетеді: төменгі қабаттар талшықтардың ұзындығы, беріктік және ұзару сипаттамаларын көрсетсе, ал талшық индексі жоғары болады [1]. Сонымен қатар, мақта талшығының ұзындығы оның өзіне және одан алынған иірілген жіптің сапасына әсер ететіні [2] зерттеулерінде дәлелденген.

М. Абдуджабборов зерттеуінде NM = 54/1 (Ne = 32/1) және NM = 27/1 (Ne = 16/1) сызықтық тығыздықтағы иірілген жіптерді өндіруде шикі мақтаны технологиялық ауысуларда қолдану егжей-тегжейлі қарастырылған [3]. Иірілген жіптің сапалық көрсеткіштері, соның ішінде талшықтың созылуы (Elg %), ұзындығы 12,7 мм-ден аз қысқа талшықтардың пайызы (SF %) және басқа параметрлер, кәсіпорын сынақ зертханасында орнатылған HVI-1000 типті құралмен анықталған.

Д. Табадо мақтадағы қысқа талшықтардың пайызының алынған иірілген жіп қасиеттеріне әсерін зерттеген [4]. Бұл зерттеу тоқыма өнеркәсібі үшін маңызды, себебі иірілген жіптің сапасы оның құрылымына тікелей байланысты, ал құрылым шикізат сипаттамаларымен анықталады. Мақтаны бастапқы өңдеудегі барлық технологиялық процестер мен ауысулар талшықтың табиғи қасиеттерін максималды сақтауға бағытталған болуы тиіс, бұл оның тоқыма шикізаты ретіндегі құндылығын айқындайды және бірнеше параметрлермен сипатталады: ұзындығы, жіңішкелігі, жетілуі, нақты жүктемесі, жыртылу кезіндегі ұзаруы, сарғыштық дәрежесі және т.б.

Талшықтардың сызықтық тығыздығы иірілген жіптің қасиеттеріне тікелей әсер ететін маңызды параметр болып табылады. Жұқа талшықтарды пайдалану жоғары сапалы иірілген жіптерді біркелкі және берік етеді, бұл көлденең қимадағы талшықтардың санын көбейту арқылы және нәтижесінде үйкеліс күшін арттыру арқылы қол жеткізіледі. Сонымен қатар, талшықтың қалыңдығы ең аз тығыздықтағы иірілген жіптерді алуда маңызды фактор болып табылады. Мақта талшығының сызықтық тығыздығы мен штапель ұзындығы арасында кері байланыс бар, әртүрлі сорттар үшін бұл ең аз қалыңдықтағы иірілген жіптің талаптарына әсер етеді.

Иіру процесінде талшықтардың әртүрлі беріктігі мен созылу ұзындығы олардың жіптің сапасына әсерін анықтайды: алдымен әлсіз талшықтар, кейін берік талшықтар үзіледі. Иірілген жіптің механикалық қасиеттеріне беріктік, салыстырмалы үзілу жүктемесі және үзілу жүктемесінің біркелкілігі қосылып есептеледі. Сондықтан жоғары сапалы өнім өндіру пайдаланылатын шикізаттың сапасына тікелей байланысты, сондықтан талшықтың физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу маңызды [5].

М.М. Бондарчук талшық қоспаларының физикалық-механикалық қасиеттері мен иірілген жіптің пневмомеханикалық иіру әдісінің сапасына әсерін талдаған [6]. Зерттеу көрсеткендей, талшық сапасы иірілген жіптің өңдеу тиімділігіне, өнімділігіне және сапасына тікелей ықпал етеді. АҚШ-тағы маркетингтік тәжірибе бойынша мақта талшығының сапасы USDA жоғары көлемді құрылғы (HVI) арқылы бағаланады, бұл талшықтың ұзындығын, беріктігін, біркелкілігін, микронейрін, түсін, жапырақ қалыңдығын және бөгде қоспалардың болуын өлшеуге мүмкіндік береді. Соңғы зерттеулер жаңа сұрыпты әзірлеу кезінде иіру тиімділігін, иірілген жіп сапасын және нарықтық құнын арттыру үшін HVI көрсеткіштерінен тыс талшық қасиеттерін ескеру қажеттілігін көрсетеді.

С.М. Kelly зерттеуінде талшықтың қасиеттеріне талшықтың жетілуі, қысқа талшықтардың құрамы, талшықтың ұзаруы және жұмыс басталғаннан

жыртылуға дейінгі сипаттамалар жататыны айтылған. Талшықтың ұзаруы жоғары селекцияланған талшықтардың сынуға төзімділігі артатыны, иіру кезінде тиімдірек және сапалы иірілген жіп алуға мүмкіндік беретіні көрсетілген [7].

Берілген сападағы иірілген жіптерді алу үшін мақта талшығының әртүрлі сорттарын араластырудың түрлі әдістері қолданылады [8,9]. Әдістер араластыру арқылы иірілген жіптің өндірістік процесіне өзгеріс енгізбестен оның сапалық сипаттамаларын айтарлықтай жақсартты. Сапа критерийлері мен болашақ қолданылуын ескере отырып, иірілген жіп жасалатын талшық сұрыптарының тізімі жасалады. Бұл тізімді жаңарту үшін жаңа компоненттер белгіленген сапа мен сан стандарттарына сәйкес болуы тиіс.

Ш.Ф. Махкамова иіру машиналарында әртүрлі өнімділік режимдерінде (50, 55, 60 және 65 кг/сағ) жасалған жіптердің физикалық-механикалық параметрлері зерттеді. Сынақ нәтижелері бойынша жіптің беріктігі мен салыстырмалы үзілу жүктемесі тарақ машинасының өнімділігі 55 кг/сағ болғанда оңтайлы екенін көрсетті, ал 60 кг/сағ режимінде квадраттық бұзушылықтар ең аз болды [10]. И.Н. Алешиннің зерттеулері талшықтардың негізгі физикалық-механикалық қасиеттері мен сақиналы иірілген жіптің сапасы арасындағы байланысты көрсетеді, атап айтқанда оның меншікті сыну жүктемесіне және үзілу коэффициентіне әсерін зерттеді [11].

Қорытындылай келе, мақта талшығының ұзындығы мен беріктігі иірілген жіптің және одан жасалған матаның сапасына тікелей әсер етеді [12-15]. Сондықтан талшықтың ұзындығы мен қасиеттерін ескеру жоғары сапалы иірілген жіп алу үшін маңызды.

Мақта талшығы түріндегі шикізатты экспорттаған мемлекет ретінде қазіргі уақытта тоқыма өнімдерін, оның ішінде дайын бұйымдарды экспорттауға мүмкіндігі бар. Осыған байланысты мақта-тоқыма өндірісін кластерлік принциппен (мақта талшығы – иірілген жіп – мата (тоқылған мата) – дайын өнім) ұйымдастыру маңызды. Мұндай өндіріс талшық пен иірілген жіптің сапасын арттыру талаптарын туындатады.

Дегенмен, елде өсірілетін мақта талшығының қасиеттерін жедел анықтау, иірілген жіптің, матаның және дайын тоқыма бұйымдарының сапасын болжау мәселелері жеткілікті зерттелмеген. Сондай-ақ талшықтар мен иірілген жіптер, иірілген жіптер мен маталар, әрлеу және дайын бұйымдар арасындағы байланыс толық зерттелмеген. Сондықтан біздің міндетіміз – мақта талшығының барлық параметрлерін зерттей отырып, жоғары сапалы иірілген жіп алу болып табылады.

Зерттеу жұмысының мақсаты – мақта талшығының қасиеттері мен сұрыптау факторларының жіп сапасына әсерін талдау арқылы жоғары сапалы жіп өндірісін тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік беретін ғылыми әдістемелік негіз жасау.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу үшін Қазақстан Республикасының Түркістан облысынан (Мақтарал ауданы) мақта талшықтарының үлгілері, Өзбекстан Республикасының 4727 және Мақтарал-4011 сұрыптары, Сұлтон және Құмкоргон сұрыптары пайдаланылды.

Сынамаларды дайындау және сынау. Барлық үлгілер зертханалық жағдайда сыналды: салыстырмалы ылғалдылық 65 ± 4% және температура 20 ± 2°C. Иірілген жіп «AZALA Textile» ЖШС-нің кардталған талшықтан иірілген жіп өндіруге арналған өндірістік желісінде өндірілді.

Иірілген жіптің механикалық қасиеттерін анықтау үшін келесі көрсеткіштер анықталды:

– үзілу жүктемесі және жіптің үзілу ұзаруы РМ-3-1 үзу машинасында бір жіпті үзу әдісімен өлшенді;

– аталған көрсеткіштердің нақты мәндері (үзілу жүктемесі мен ұзаруы) алынған нәтижелердің арифметикалық орташа мәні ретінде есептелді;

– нақты үзілу жүктемесі үзілу жүктемесін жіптің сызықтық тығыздығына бөлу арқылы анықталды;

– үзілу жүктемесінің вариация коэффициенті сол машинада (РМ-3-1) иірілген жіптің ұзындығын сынау кезінде алынған мәліметтер негізінде есептелді**.**

Мақта талшығын сынау Uster HVI-1000 жүйесінде жүргізілді. HVI жүйесімен өлшенетін мақта талшығының сапалық сипаттамалары мақта саудасында, сондай-ақ оны тоқыма кәсіпорындарында өңдеуді ұйымдастыруда кеңінен қолданылады. USTER® STATISTICS жүйесі екі бағытта жұмыс істейді: пайдаланушылар USTER® Statistics деңгейлерін анықтай алады және әртүрлі сапа параметрлерінің абсолюттік мәндерін бағалауға мүмкіндік алады [16]. Сонымен қатар, сапа параметрлерінің өлшенген мәндерін USTER құралдарының көмегімен пайыздық көрсеткіштерге түрлендіруге болады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Иіру қасиеттерін салыстырмалы сынақтар барысында анықтау мақсатында Оңтүстік Қазақстан облысы Ордабасы ауданының солтүстік аймағында өсірілген Сұлтон және Құмқоргон сұрыптарының №4727 партияларынан, сондай-ақ Мақтарал ауданының оңтүстік аймағында өсірілген Мақтарал-4011 сұрыпының шитті мақта партияларынан талшық үлгілері іріктелді. Uster HVI-1000 жүйесінде жүргізілген мақта талшығын сынау нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

HVI-1000 өлшеу жүйесінде халықаралық стандарттар бойынша әртүрлі селекциялық сұрыптағы мақта талшықтарының сапа көрсеткіштері

№	Белгілеу HVI	Мақта талшығының қысқаша белгілеу	Селекциялық сұрыптардың атаулары			
			Кумкоргон	С 4727	Мактарал 4011	Султон
1	2	3	4	5	6	7
1	MIC	Микронейр көрсеткіштері	4,28	5,01	4,42	4,54
2	MV	Мақта талшығының жетілуі	0,88	0,90	0,84	0,94
3	PM	Мақта талшығының жетілуі,%	78,38	81,72	76,12	83,83
4	LD	Сызықтық тыыздығы, м/текс	168,0	196,67	173,50	178,33
5	UHM	Жоғарғы жартылай орта ұзындық, мм	27,25	26,71	26,96	27,66
6	UQM	Талшықтардың орташа ұзындығы 25% қысқа талшықтарды есептемегенде, мм	29,56	28,90	29,08	29,58
7	SFC	Қысқа талшықтардың саны, %	3,72	5,47	3,11	1,35
8	SFI	Қысқа талшық индексі	10,62	11,12	11,07	10,30
9	UI	Біртектілік индексі, %	83,91	83,94	83,54	85,50
10	ML	Орташа ұзындығы, мм	22,87	22,24	22,41	23,37
11	STR Abs	Абсолютті меншікті жүктеме, cN/текс	14,31	13,30	13,47	14,16

1-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
12	HVI-STR	Нақты жүктеме, cN/текс	29,45	28,42	28,60	29,32
13	E max(ELG)	Жыртылған кезде ұзарту, %	23,33	22,81	23,31	24,95
14	SL 2,5	2,5% талшықтардың қысқыш ұзындығы	26,98	26,22	26,63	27,39
15	UR	Талшықтардың ұзындығы бойынша біркелкілік,%	49,43	50,13	49,33	51,83
16	RD	Шағылысу коэффициенті, %	83,70	76,73	72,52	82,98
17	+b	Сарғыштық дәрежесі	8,48	11,38	10,88	8,75
18	CG	Халықаралық стандарттар бойынша әртүрлілік және сынып	11-2	13-1	23-2	11-2
19	Trash Area	Қыр-қоқыстардың ауданы	0,26	0,30	0,31	0,16
20	Trash Cnt	Қыр-қоқыстардың саны	61,17	82,00	90,67	26,67

Бір сұрыптың ішіндегі мақта талшығының беріктігі оның жетілуіне және қалыңдығына тікелей байланысты: микронейр көрсеткіші неғұрлым жоғары болса (ол жетілуді көрсетеді) және талшықтың көлденең қимасының ауданы неғұрлым үлкен болса, соғұрлым ол берік болады. Сонымен қатар, әртүрлі сұрыптың (мысалы, орташа талшықты және ұзын талшықты) салыстырған кезде, микронейр көрсеткіштері төмен және көлденең қимасы бар жұқа талшықтар жоғары меншікті беріктікке ие болуы мүмкін.

Сұрып бойынша талдау.

«Кумкоргон»: бұл сұрып CG (әртүрлілік және сынып, халықаралық стандарттар) бойынша талшықтың жіңішкелігі мен ұзындығы бойынша ең жоғары көрсеткіштерге ие. Оның микронейр көрсеткіші 0,14-0,73 бірлікке төмен, ал орташа талшық ұзындығы басқа сұрыптармен салыстырғанда 0,46-0,66 мм-ге жоғары. Алайда қоқыс қоспаларының мөлшері (Trash Area) «Сұлтон» сұрыбына қарағанда төмен.

«Султон»: 35-кодқа сәйкес штапель ұзындығы 1 3/32 дюймді құрайды. Сонымен қатар, оның микронейр көрсеткіші 4,54-ке тең, бұл базалық мәннен (3,9-4,5) жоғары және биржалық бағаға теріс әсер етуі мүмкін.

«Мақтарал 4011» және «С 4727»: бұл сұрыптар сарғыштық коэффициенті (+b) бойынша ең жақсы нәтижелерге ие.

Кумкоргон сұрыбы: жоғарғы жартылай орташа ұзындығы штапель ұзындығына 1 1/16 сәйкес келеді, бұл штапель ұзындығының 34 кодына сәйкес. Сызықтық тығыздық төмендеу деңгейінде, микронейр көрсеткіші – 4,28, бұл әлемдік стандарттардың базалық мәндері (3,9-4,5) шегінде жақсы көрсеткіш болып табылады. Қысқа талшықтардың саны басқа үлгілермен салыстырғанда орташа деңгейде.

С-4727 сұрыбы: жоғарғы жартылай орташа ұзындығы штапель ұзындығына 1 1/16 сәйкес келеді (34 код). Сызықтық тығыздық стандартқа сәйкес, алайда микронейр көрсеткіші 5,01 болып, базалық көрсеткіш шегіне кірмейді, бұл мақта биржасындағы бағасын төмендетуі мүмкін. Қысқа талшықтардың саны басқа үлгілермен салыстырғанда ең жоғары.

Мақтарал-4011 сұрыбы: жоғарғы жартылай орташа ұзындығы штапель ұзындығына 1 1/16 сәйкес келеді (34 код). Сызықтық тығыздық төмендеу деңгейінде, микронейр – 4,42, бұл әлемдік стандарттардың базалық мәндеріне кіреді. Қысқа талшықтардың саны орташа деңгейде.

Жоғарыда келтірілген деректер мақта талшықтарының зерттелген селекциялық сұрыптарының бір-бірімен салыстырғанда белгілі бір артықшылығы немесе кемшіліктері бар екенін көрсетеді. Осыған байланысты, «Azala-Textile» ЖШС өндірісінің тәжірибелік-өнеркәсіптік жағдайында мақтаның селекциялық сұрыптарының олардан өндірілетін иірілген жіптің сапалық көрсеткіштеріне ықпалының маңыздылығын анықтау бойынша одан әрі зерттеулер жүргізу үшін иірілген жіп әзірленді.

Берілген кесте деректерінен талшықтың беріктігі, микронейр, жоғарғы орташа ұзындығы, біркелкілік индексі, жарықтың шағылысу деңгейі және талшықтардың сарғыштығы төмендегі формула бойынша есептелетін талшықтың иіру жарамдылық индексін анықтаудың маңызды көрсеткіштері болып табылады [17] (кесте 2):

$$SCI = -414.67 + 2.9Str - 9.32Mic + 49.17UHML + 4.74UI + 0.65Rd + 0.36(+b) \quad (1)$$

Кесте 2

Талшықтардың иілу коэффициентінің мақтаның селекциялық сұрыпына тәуелділігі

Мақтаның селекциялық сұрыптары	Кумкоргон	С 4727	Мактарал 4011	Султон
Талшықтардың иілу коэффициенті,мақтаның селекциялық сұрыптары SCI	90	78	80	96

Иіру талшығының жарамдылық индексі бойынша талдау. Иіру талшығының жарамдылық индексінің ең жақсы мәні №4 үлгіде байқалды, дегенмен жіңішкелігі бойынша ең жоғары нәтиже №1 үлгіде тіркелді. Кесте деректерін талдағанда, қысқа талшықтардың индексі №4 үлгіде аз екенін көруге болады, бұл SCI формуласы бойынша алынған нәтижелерді толық түсіндіреді. Қысқа талшықтар иірілген жіптің сапасына, беріктігі мен біркелкі тұтқырлығына, теріс әсер етеді. №4 үлгіде қысқа талшықтардың саны №1 үлгіге қарағанда 2,5-3 есе аз.

Дегенмен, талшықтың үні (микронейр) иірілген жіптің иіру қабілеті мен беріктігіне, сондай-ақ матаның механикалық қасиеттеріне маңызды әсер етеді. Төмен жіңішкелігі бар талшық микронейр бойынша иірілген жіптің көлденең қимасындағы талшықтардың санын арттырады, бұл оның беріктігін жақсартуға көмектеседі (кесте 3).

Кесте 3

Иірілген жіптің сапалық көрсеткіштерінің мақтаның селекциялық сұрыбына тәуелділігі

Мақтаның селекциялық сұрыптары	Иірілген жіптің көлденең қимасындағы талшықтардың саны	Жарылғыш жүктеме, сН
Кумкоргон	180	200
С 4727	150	170
Мактарал 4011	175	160
Султон	165	225

Иірілген жіптің көлденең қимасындағы талшықтардың саны келесі формула бойынша анықталады:

$$n = \frac{5315}{Mic \cdot 0{,}354 \cdot Ne} \quad (2)$$

мұндағы: Ne – ағылшын Иірілген жіп нөмірі; 5315 – сандар жүйесі арасындағы түзету коэффициенті.

Талшық жіңішкелігі жіптің көлденең қимасындағы талшықтар санына әсер етеді. Эксперименттік деректер көрсеткендей, талшықтар саны жіңішкелігі 4,28 Міс-тен 5,01 Міс-ке дейін, сызықтық тығыздығы 18,4-тен 18,8-ге дейінгі иірілген жіптің көлденең қимасында 159-191 диапазонында өзгергенде, бұл иірілген жіптің беріктігін жақсартуға мүмкіндік береді.

Ерекшелік ретінде, кейбір үлгілерде иірілген жіптің көлденең қимасындағы талшықтардың саны (1-3-тен 14-6-ға дейін) аз болғанына қарамастан, ең үлкен үзіліс жүктемесі №4 үлгіде байқалды. Мұнда жіптің бұралуының рөлі мен саны, сондай-ақ талшықтардың біркелкілік индексі маңызды рөл ойнауы мүмкін. Біртектілік индексі төмен талшықтарда қысқа талшықтардың жоғары пайызы иірілген жіптің беріктігін төмендетеді.

Кесте деректерін талдау көрсеткендей, «Сұлтон» үлгісінде біркелкілік 1,9%, «Мақтарал-4011» үлгісінде 3% болса, «Құмқорған» үлгісінде төмен көрсеткіш байқалады. Сонымен қатар, талшықтардың бітелуі аспаптағы талшықтардың топтық тығыздануының себебі болуы мүмкін, бұл иірілген жіптің біркелкілігіне және сәйкесінше беріктігінің төмендеуіне әкеледі.

Эксперименттік деректерді талдау көрсеткендей, иіру қабілеті мен иірілген жіптің соңғы сапасын бағалау әртүрлі селекциялық сұрыптың талшықтарының оқшауланған қасиеттерін қарастыру негізінде жүргізілуі мүмкін. Талшықтардың жеке сапалық көрсеткіштері арасындағы байланыс (корреляция) олардың иірілген жіптің қасиеттеріне әсер ету дәрежесін анықтауды қиындатады [18].

Нәтижесінде, иірілген жіптің қасиеттерінің талшықтардың күрделі сапалық сипаттамаларына тәуелділігін зерттеу жүргізілді. Иірілген жіп сапасының анықтаушы параметрлері ретінде келесі қабылданды:

– Сызықтық тығыздық пен бұралу бойынша квадраттық тепе-теңдік.

– Тоқыма маталарын өндіруде шешуші болып табылатын механикалық қасиеттер: жыртылу жүктемесі, нақты жыртылу жүктемесі, жыртылу кезіндегі ұзарту, сондай-ақ жыртылу жүктемесі мен ұзарту бойынша квадраттық біркелкісіздігі.

4-кестеде иірілген жіптің механикалық көрсеткіштерінің қыр-қоқыстардың санына тәуелділігі көрсетілген.

Кесте 4

Иірілген жіптің механикалық көрсеткіштерінің қыр-қоқыстардың санына тәуелділігі

Иірілген жіптің сапа көрсеткіштері	Талшықтың селекциялық сұрыптары			
	Кумкоргон	С 4727	Мактарал 4011	Султон
1	2	3	4	5
Иірілген жіптің сызықтық тығыздығы, текс	18,8	18,6	18,9	18,4
Сызықтық тығыздық бойынша квадраттық біркелкісіздігі, %	2,8	3,0	3,2	2,1
1 метрге бұралу саны	761,1	745,1	748,9	785,2
Квадраттық біркелкі емес бұралуы, %	3,9	4,9	5,8	2,5

4-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Иірілген жіптің жыртылу жүктемесі, сН	211,12	173,17	171,80	234,42
Иірілген жіптің нақты жүктемесі, сН/текс	11,23	9,31	9,09	12,74
Жарылыс жүктемесі бойынша квадраттық біркелкісіздігі, %	9,95	9,12	9,91	8,10
Үзіліс ұзарту, %	5,60	5,55	5,50	6,01
Ұзарту бойынша квадраттық біртегістік, %	7,82	9,86	10,25	5,42
Иірілген жіптің үзілу, 1000 вер/сағ	56	77	73	63

Ескерту: Қоқыстың орнында Trash Area – HVI 1000 анықтайтын қыр-қоқыстың ауданы.

Кестеде келтірілген деректерге сәйкес, қыр-қоқыстардың саны артқан сайын иірілген жіптің сызықтық тығыздық бойынша квадраттық біркелкісіздігі және бұралу көрсеткіштері де артады. Мысалы, қыр-қоқыстар саны 3,1 болған иірілген жіптің сызықтық тығыздық бойынша квадраттық біркелкісіздігі, қоспалары әртүрлі үлгілермен салыстырғанда, тиісінше 34%, 12,5% және 6,2% артса, бұралу бойынша квадраттық біркелкісіздігі 56,9%, 32,7% және 15,5% ұлғайған.

Қыр-қоқыстардың ең көп мөлшерімен өндірілген иірілген жіптің механикалық қасиеттері төмендейді: үзіліс жүктемесі 0,8%-дан 26,7%-ға дейін, ал үзіліс ұзарту 2,7%-дан 8,5%-ға дейін азаяды. Эксперименттік деректер бойынша, 1 және 4 үлгілерінен алынған иірілген жіп ең жақсы нәтижелерге ие: берік және ұзарту көрсеткіші жоғары. Бұл көрсеткіш иіру процесінде жіптің үзілуін азайтуға мүмкіндік береді.

Құмкоргон және Сұлтон үлгілерінен алынған иірілген жіптің үзіліс ұзартуы С-4727 және Мақтарал-4011 сұрыптарынан 0,8-1,78% және 7,6-8,5% жоғары, ал үзіліс жүктемесі сәйкесінше 77 және 73-тен 56 және 63-ке дейін төмендейді.

Иірілген жіптің біркелкілігі мен беріктігінің жоғарылауы дайын маталар мен тоқылған маталардың беріктігі, ұзаруы және басқа өлшемдер бойынша біркелкіліктің артуына әкеледі. Алайда, бұл кейде боялған өнімнің колористикалық көрсеткіштеріне теріс әсер етуі мүмкін.

Әртүрлі сұрыптардан мақта талшығын таңдау өндіріс тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді. Тиісті шикізатты қолдану арқылы иіру процесін тұрақтандыруға, үзілістерді азайтуға және дайын иірілген жіптің сапасын жақсартуға болады. Иірілген жіптің беріктігін анықтайтын негізгі талшық сипаттамалары: ұзындығы, жіңішкелігі, біркелкілігі, беріктігі және жетілуі.

Сонымен бірге, жүргізілген талдау көрсеткендей, бір факторлы эксперимент соңғы иірілген жіптің қасиеттерін дәл болжауға мүмкіндік бермейді. Қажетті сипаттамалары бар иірілген жіп алу үшін сапалық көрсеткіштердің нақты және теңдестірілген жиынтығы бар шикізатты пайдалану қажет.

Сызықтық тығыздық, бұралу, біркелкілік және иірілген жіптің нақты үзіліс жүктемесі – белгілі бір стандарттарға енгізілген негізгі сапалық көрсеткіштер болып табылады. Алайда нормативтік құжаттарда нақты үзіліс

жүктемесі мен оның квадраттық біркелкі көрсеткіштері үшін ең төменгі рұқсат етілген мән белгіленген.

Нәтижеге қол жеткізу және алынған иірілген жіптің технологиялық параметрлері арасындағы байланысты анықтау үшін әртүрлі селекциялық сұрыптардың мақта талшығының сапалық көрсеткіштерін ескере отырып, нақты үзіліс жүктемесінің математикалық моделін және квадраттық біркелкілік моделін әзірлеу қажет. Кіріс параметрлері ретінде бір факторлы эксперименттер бойынша иірілген жіптің қасиеттеріне ең көп әсер ететін көрсеткіштер таңдалады: талшықтың ұзындығы, тонусы, бітелуі және біртектілігі.

Қорытынды. Мақта талшығы мен иірілген жіптің қасиеттерін зерттеу нәтижелері мақта талшығының сапалық көрсеткіштері мен иірілген жіптің қасиеттері арасында айқын байланыс бар екенін көрсетті. Эксперименттік зерттеулер нәтижелері көрсеткендей, әртүрлі селекциялық сұрыптың мақта талшығын таңдау иіру процесінде жоғары тұрақтылыққа қол жеткізуге, иіру машиналарындағы үзілістер санын азайтуға және өндірілген иірілген жіптің сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Иірілген жіптің беріктігіне әсер ететін негізгі факторлар: талшықтың ұзындығы, жіңішкелігі, біркелкілігі, беріктігі және жетілуі.

Әдебиеттер тізімі

1. Jumaniyazov K., Ismatova M., Abbazov I., Kazakova D. Study on the influence of the cotton storage process on the quality indicators of fiber and yarn // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 939. – P. 012053.
2. Ibrahim A.E. Effect of fiber length and short fiber present in cotton fiber and yarn quality // Alexandria Science Exchange Journal. – 2018. – Vol. 39. – No. 4.
3. Абдуджабборов, М. Динамика изменения основных физико-механических свойств хлопкового волокна в процессе прядения [Текст] / М. Абдуджабборов, Р. Каримов, Д. Алиева // Международный научный журнал «Наука и инновации». Серия А. – 1. – Вып. 8.
4. Tabodo D., et al. The impact of short fiber content on the quality of cotton ring spun yarn // The Journal of Cotton Science. – 2008. – Vol. 12. – P. 368-377.
5. Очилов, Т.А. Влияние плотности бунта и срока хранения хлопка на физико-механические свойства пряжи [Текст] / Т.А. Очилов, М.М. Исматова, Д.Э. Казакова // Молодой ученый. – 2014. – № 1(60). – С. 110-112.
6. Бондарчук, М.М. Разработка технологии пневмомеханической пряжи из сортировок с повышенным процентом короткого волокна [Текст]: Дис. канд. техн. наук / М.М. Бондарчук. – 1998. – 228 с.
7. Kelly C.M., Osorio-Marin J., Kothari N., Hague S., Dever J.K. Genetic improvement in cotton fiber elongation can impact yarn quality // Industrial Crops and Products. – 2019. – Vol. 129. – P. 1-9.
8. Платонова, О.П. Современная организация процесса прядения хлопкового волокна [Текст] / О.П. Платонова, Н.А. Маслова // Курьер. Рынок легкой промышленности. – 2004. – № 2. – С. 21-23.
9. Маслова, Н.А. Проектирование свойств пряжи с использованием показателей HVI [Текст] / Н.А. Маслова // Проблемы текстиля. – 2002. – № 2. – С. 15-18.
10. Махкамова, Ш.Ф. Влияние производительности чесальной машины на физико-механические свойства нитей [Текст] / Ш.Ф. Махкамова, З.Ф. Валиева // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности : материалы докл. Международной науч.-техн. конф., 25-26 нояб. 2015 г. – Витебск: УО «ВГТУ», 2015. – С. 64-66.

11. Алешина, И.Н. Разработка рациональной технологии пряжи малых линейных плотностей из смесей средневолокнистого и тонковолокнистого хлопка [Текст]: Дис. канд. техн. наук / И.Н. Алешина. – [?]. – 2003. – 201 с.
12. Zeidman M., Sawhney P.S. Influence of fiber length distribution on strength efficiency of fibers in yarn // Textile Research Journal. – 2002. – Vol. 72. – No. 3. – P. 216-220.
13. Yusupalieva U., Matismailov S., Yuldashev A. Study of the influence of cotton fiber indicators on yarn quality // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 304, 03036. – P. 1-7.
14. Маслова, Н.А. Исследование взаимосвязи показателей, характеризующих линейную плотность волокна, определяемых различными методами [Текст] / Н.А. Маслова // Проблемы текстиля. – 2002. – № 2. – С. 12-15.
15. Маслова, Н.А. Исследование взаимосвязи показателей длины хлопкового волокна, определяемых различными методами [Текст] / Н.А. Маслова // Проблемы текстиля. – 2002. – № 3. – С. 36-39.
16. Худайбердиева, Д.Б. Текстильно-технологические свойства новых сортов хлопкового волокна [Текст] / Д.Б. Худайбердиева, Г.К. Содикова, С.А. Мамаджанова // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. – 2023. – № 6(111). – Р. 67-70.
17. Жуманиязов, К. Исследование и оценка свойств хлопкового волокна в технологических процессах [Текст] / К. Жуманиязов, С.Т. Тожимирзаев, М.Р. Муминов // Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 1(397). – С. 162-170.
18. Uster Technologies AG. [Electronic resource]. – Access mode: www.uster.com.

Материал редакцияға 22.10.25 түсті, 22.12.25 қабылданды.

Г.Ю. Калдыбаева[1], И.А. Набиева[2], Р.Т. Калдыбаев[1], А. Мельдебек[1]

[1]Южно Казахстанский исследовательский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
[2]Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Ташкент, Узбекистан

ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЯЖИ ОТ СВОЙСТВА ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ

Аннотация. Существует тесная взаимосвязь между качеством сырья и конечным продуктом. Высокое качество хлопка гарантирует высокое качество пряжи даже при неблагоприятных условиях производства. Следовательно, одной из ключевых задач является изучение влияния параметров свойств хлопкового волокна для производства пряжи высокого качества с учетом потребительских предпочтений. В данной статье проведены экспериментальные исследования определения показателей качества хлопковых волокон различных селекционных сортов на измерительной системе HVI 1000 согласно международным стандартам. Также выявлено, что наибольшее влияние на качество пряжи производят сорные примеси, которые недостаточно проходят очитску во время первичной переработки. В связи с чем исследованы сорта хлопчатника Кумкоргон, С 4727, Мактарал 4011, Султон на зависимость физико-механических свойств пряжи от количества сорных примесей. Полученные данные не выявляют существенных преимуществ одного сорта перед другими, однако у сортов Кумкоргон и Султон наблюдается относительное снижение обрывности. Прогнозирование свойств вырабатываемой пряжи нереально сделать только с помощью однофакторного эксперимента, требуется более сложный алгоритм входных параметров хлопкового волокна.

Ключевые слова: хлопковое волокно, сорт, пряжа, качество пряжи, сорные примеси, физико-механические свойства.

G.Yu. Kaldybaeva[1], I.A. Nabieva[2], R.T. Kaldybaev[1], A. Meldebek[1]

[1]M. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan
[2]Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

DEPENDENCE OF YARN QUALITY INDICATORS ON THE PROPERTIES OF COTTON FIBERS OF DIFFERENT BREEDING VARIETIES

Abstract. There is a close relationship between the quality of raw materials and the final product. High-quality cotton ensures high-quality yarn even under unfavorable production conditions. Therefore, one of the key tasks is to study the influence of cotton fiber property parameters on the production of high-quality yarn, taking into account consumer preferences. In this paper, experimental studies were conducted to determine the quality indicators of cotton fibers of various breeding varieties using the HVI 1000 measurement system according to international standards. It was also found that the greatest impact on yarn quality is caused by trash impurities, which are insufficiently removed during primary processing. Therefore, the cotton varieties Kumkorgon, C 4727, Maktaral 4011, and Sulton were studied to assess the dependence of the physical and mechanical properties of yarn on the amount of trash impurities. The obtained data do not reveal significant advantages of one variety over the others; however, the Kumkorgon and Sulton varieties show a relative reduction in breakage. Predicting the properties of the produced yarn cannot be achieved solely through a single-factor experiment; a more complex algorithm of input cotton fiber parameters is required.

Keywords: cotton fiber, variety, yarn, yarn quality, trash impurities, physical and mechanical properties.

References

1. Jumaniyazov K., Ismatova M., Abbazov I., Kazakova D. Study on the influence of the cotton storage process on the quality indicators of fiber and yarn // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 939. – P. 012053.
2. Ibrahim A.E. Effect of fiber length and short fiber present in cotton fiber and yarn quality // Alexandria Science Exchange Journal. – 2018. – Vol. 39. – No. 4.
3. Abdudzhabborov M., Karimov R., Alieva D. Dinamika izmeneniya osnovnykh fiziko-mekhanicheskikh svoystv khlopkovogo volokna v protsesse prjadeniya [Dynamics of changes in the main physical and mechanical properties of cotton fiber during spinning] // International Scientific Journal “Science and Innovations”, Series A. – 1. – Issue 8. [in Russian].
4. Tabodo D., et al. The impact of short fiber content on the quality of cotton ring spun yarn // The Journal of Cotton Science. – 2008. – Vol. 12. – P. 368-377.
5. Ochilov T.A., Ismatova M.M., Kazakova D.E. Vliyanie plotnosti bunta i sroka khraneniya khlopka na fiziko-mekhanicheskie svoystva pryazhi [Influence of cotton bale density and storage duration on the physical and mechanical properties of yarn] // Young Scientist. – 2014. – No. 1(60). – P. 110-112. [in Russian].
6. Bondarchuk M.M. Razrabotka tekhnologii pnevmomekhanicheskoy pryazhi iz sortirovok s povyshennym protsentom korotkogo volokna [Development of technology for pneumomechanical yarn from sorts with increased short fiber content]: Candidate of Technical Sciences Dissertation. – 1998. – 228 p. [in Russian].

7. Kelly C.M., Osorio-Marin J., Kothari N., Hague S., Dever J.K. Genetic improvement in cotton fiber elongation can impact yarn quality // Industrial Crops and Products. – 2019. – Vol. 129. – P. 1-9.
8. Platonova O.P., Maslova N.A. Sovremennaya organizatsiya protsessa prjadeniya khlopkovogo volokna [Modern organization of the cotton spinning process] // Courier. Light Industry Market. – 2004. – No. 2. – P. 21-23. [in Russian].
9. Maslova N.A. Proektirovanie svoystv pryazhi s ispol'zovaniem pokazateley HVI [Designing yarn properties using HVI indicators] // Problems of Textiles. – 2002. – No. 2. – P. 15-18. [in Russian].
10. Makhkamova Sh.F., Valieva Z.F. Vliyanie proizvoditel'nosti chesal'noy mashiny na fiziko-mekhanicheskie svoystva nitey [Influence of carding machine productivity on physical and mechanical properties of yarn] // New in Technology and Technique in Textile and Light Industry: Proceedings of International Scientific and Technical Conference, 25-26 Nov. 2015. – Vitebsk : VGTU, 2015. – P. 64-66. [in Russian].
11. Aleshina I.N. Razrabotka ratsional'noy tekhnologii pryazhi malykh lineynykh plotnostey iz smezhey srednevoloknistogo i tonkovoloknistogo khlopka [Development of rational technology of low linear density yarns from blends of medium- and fine-staple cotton]: Candidate of Technical Sciences Dissertation. – 2003. – 201 p. [in Russian].
12. Zeidman M., Sawhney P.S. Influence of fiber length distribution on strength efficiency of fibers in yarn // Textile Research Journal. – 2002. – Vol. 72. – No. 3. – P. 216-220.
13. Yusupalieva U., Matismailov S., Yuldashev A. Study of the influence of cotton fiber indicators on yarn quality // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 304, 03036. – P. 1-7.
14. Maslova N.A. Issledovanie vzaimosvyazi pokazateley, kharakterizuyushchikh lineynuyu plotnost' volokna, opredelyaemykh razlichnymi metodami [Study of the relationship between indicators characterizing fiber linear density determined by various methods] // Problems of Textiles. – 2002. – № 2. – P. 12-15. [in Russian].
15. Maslova N.A. Issledovanie vzaimosvyazi pokazateley dliny khlopkovogo volokna, opredelyaemykh razlichnymi metodami [Study of the relationship between cotton fiber length indicators determined by various methods] // Problems of Textiles. – 2002. – No. 3. – P. 36-39. [in Russian].
16. Khudayberdieva D.B., Sodikova G.K., Mamadjanova S.A. ekstil'no-tekhnologicheskie svoystva novykh sortov khlopkovogo volokna [Textile-technological properties of new cotton fiber varieties] // Universum: Technical Sciences : e-journal. – 2023. – No. 6(111). – P. 67-70. [in Russian].
17. Jumaniyazov K., Tozhimirzaev S.T., Muminov M.R. Issledovanie i otsenka svoystv khlopkovogo volokna v tekhnologicheskikh protsessakh [Study and evaluation of cotton fiber properties in technological processes] // Textile Industry Technology. – 2022. – № 1(397). – P. 162-170. [in Russian].
18. Uster Technologies AG. [Electronic resource]. – Access mode: www.uster.com

ҒТАМР 64.33.71

А.Ш. Амангелдиева[1] – *негізгі автор,*
Л.С. Тұрғынбекқызы[2] ©

[1]*Магистр,* [2]*Техн. ғылым. канд., PhD, қауымдас. профессор*

ORCID [1]*https://orcid.org/0009-0008-2579-1722* [2]*https://orcid.org/0000-0001-7268-7620*

[1,2]*Алматы технологиялық университеті,*

Алматы, Қазақстан

@ [1]*Asamangeldieva@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/CJIX3259

ОРТА МЕКТЕП ЖАСЫНДАҒЫ ҚЫЗДАРДЫҢ МЕКТЕП ФОРМАСЫН ТАҢДАУЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ФАКТОРЛАРДЫ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ҮЛГІ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Бұл мақалада орта мектеп жасындағы қыздарға арналған мектеп формасын жобалау кезінде бастапқы талаптарды әзірлеуге әсер ететін негізгі факторлар қарастырылады. Қазақстандағы кәсіпорындарда шығарылатын мектеп формасының сапасына қанағаттанбаудың басты себептері – оның гигиеналық және эргономикалық талаптарға сәйкес келмеуі, сондай-ақ орта мектеп жасындағы қыздардың өзін-өзі жүзеге асыру мүмкіндігінің болмауы және мектеп формасының жеке стилін қалыптастыруға қатысуы. Орта мектеп жасы – балалықтан жастыққа өтпелі кезең, ол организмнің терең қайта құрылуымен, жеке және әлеуметтік құндылықтардың өзгеруімен сипатталады, бұл қыздардың жеке имиджін жасауға деген ұмтылысында айқын көрінеді. Осыған байланысты зерттеу барысында жасөспірім қыздардың мектеп формасына қойылатын эстетикалық, функционалдық және имидждік талаптары онлайн сауалнама арқылы анықталды. Сауалнама нәтижелері негізінде мектеп формасының стилі, түстік шешімі және комплектациясы жүйеленді. Сонымен қатар, Қазақстан Республикасының нарығында ұсынылған мектеп формасына арналған мата үлгілерінің органолептикалық, микроскопиялық және физика-механикалық қасиеттері зерттелді. Алынған нәтижелер мектеп формасын жобалау кезінде материалдар мен конструктивтік шешімдерді ғылыми негізде таңдауға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: мектеп формасы, орта мектеп жасы, мектеп оқушыларының мінез-құлық сипаттамалары, жасөспірім кезеңі, жасөспірім жасы, имидж, жеке стиль.

Амангелдиева, А.Ш. Орта мектеп жасындағы қыздардың мектеп формасын таңдауына әсер ететін факторларды талдау [Мәтін] / А.Ш. Амангелдиева, Л.С. Тұрғынбекқызы //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.272-282. https://doi.org/10.55956/CJIX3259

Кіріспе. Қазіргі заманда білім беру жүйесінде оқушылардың сыртқы келбеті мен киім ыңғайлылығы маңызды рөл атқарады. Мектеп формасы – бұл тек сыртқы көрініс емес, сонымен қатар оқушылардың жайлылығы мен денсаулығына тікелей әсер ететін маңызды элемент. Мектепке арналған киімнің негізгі міндеті – балалардың физикалық және моральдық денсаулығын сақтау. Баланың денесінің жас ерекшеліктеріне сәйкес келетін

әдемі және ыңғайлы мектеп киімдері баланың мектеп өміріне сәтті бейімделуіне, жақсы оқу үлгеріміне ықпал етеді. Көптеген мектептерде ұсынылатын стандартты киім үлгілері баланың жас ерекшеліктерін, дене бітімі мен белсенді қозғалыс қажеттілігін ескере бермейді. Мұндай формалар оқушының сабаққа деген қызығушылығын төмендетіп, өзін еркін сезінуге кедергі келтіруі мүмкін. Сондықтан мектеп формасы тек бірыңғай киім ретінде емес, баланың күнделікті өмірінің бір бөлігі ретінде қарастырылуы қажет. Оған қоса, тұтынушының талғамы мен нарық сұранысы да өзгеріп келеді. Ата-аналар мен оқушылар ыңғайлы, заманауи, әрі сапалы киім талап етеді. Осы тұрғыдан алғанда, мектеп формасына қойылатын жаңа талаптар – оны қауіпсіз, қолайлы, эстетикалық жағынан тартымды әрі әр оқушының дене ерекшелігіне бейімделетін үлгіде дайындауды қажет етеді.

Көптеген зерттеушілер бүгінгі күні мектеп формасын жасау бойынша ақпаратты құрылымдаудың біртұтас принциптерінің жоқтығын атап өтеді [1]. Осылайша, Каяшева О.Г. еңбегінде әр түрлі жыныс пен жас топтарындағы оқушылардың дамуының ерекшеліктері психологиялық және физиологиялық ерекшеліктерді талдау негізінде, мектеп формасын жобалауда жыныстық және жас топтарына жеке көзқарас қолданудың перспективтілігін негіздейді [2].

Юсупова Ж.А. мен Мациевская Ю.А. мектеп киімін жобалау балалардың жас ерекшеліктерін, киімді тұтыну сипаттарын және әлеуметтік-экономикалық факторларды ескеруді талап ететін күрделі үдеріс екенін атап өтеді [3,4]. Авторлардың пікірінше, мектеп формасы – оқушылардың әртүрлі пайдалану жағдайларында жайлылықты, функционалдылықты және қауіпсіздікті қамтамасыз етуге бағытталған көпфункционалды объект болып табылады. Осы зерттеуде мақсатты тұтынушы ретінде 5-9 сынып оқушылары – орта мектеп жасындағы қыздар қарастырылды. Мәселе екі бағытта зерттелді: біріншіден, орта мектеп жасындағы қыздардың әлеуметтік-психологиялық ерекшеліктері психологтардың еңбектері негізінде талданды; екіншіден, мектеп формасына қатысты олардың талғамдары мен талаптарын анықтау мақсатында онлайн сауалнама жүргізілді. Психологтардың пікірінше, орта мектеп жасы – балалық шақтан жастық кезеңге өтпелі кезең болып табылады және ол бүкіл организмнің қарқынды қайта құрылуымен сипатталады. Бұл кезеңде оқушыларда балалық пен ересектікке тән белгілер қатар байқалып, тұлғалық қасиеттер әлі қалыптасу сатысында болады. Осыған байланысты жасөспірімдер «жартылай бала, жартылай ересек» ретінде сипатталады. Жартылай ересек ретінде жасөспірім физикалық және рухани қажеттіліктердің жедел өсуін сезінсе, жартылай бала ретінде оларды толық қанағаттандыруға өмірлік тәжірибесі мен мүмкіндіктері жеткіліксіз болады. Бұл жағдай жасөспірімдердің мінез-құлқы мен әрекеттеріндегі қарама-қайшылықтарды түсіндіреді және аталған жас кезеңін тәрбиелеу мен жобалау тұрғысынан күрделі кезең ретінде қарастыруға негіз болады. Белгілі бір даму сатысында бала өзінің қоғамдағы бұрынғы орны мен мүмкіндіктері арасында сәйкессіздікті сезініп, оны өзгертуге ұмтылады. Осы ішкі қайшылықтар баланың әрекеттерінің қайта құрылуына және психикалық дамудың жаңа кезеңіне өтуіне себеп болады.

Ушаков Л.Д. өз зерттеулерінде өзін-өзі тану деңгейінің жоғарылауы «Мен қоғамға» деген жалпы ұстанымның «Мен қоғамда» және «Мен және қоғам» сияқты өзара алмасатын екі позицияға ауысуымен байланысты екенін анықтаған [5]. Автор жасөспірімдік кезеңнің дамуында үш негізгі сатыны бөліп көрсетеді:

– локалды-капризді кезең (10-11 жас) – ересектер тарапынан мойындалуға деген қажеттіліктің басымдығымен сипатталады;

– «құқық-маңызды» кезең (12-13 жас) – әлеуметтік мойындауға ұмтылумен байланысты болып, «мен де құқықтымын, мен істей аламын, мен міндеттімін» деген вербалды формалар арқылы көрініс табады;

– «бекіту-әрекетті» кезең (14-15 жас) – өзін көрсетуге және жеке мүмкіндіктерін жүзеге асыруға дайындықпен айқындалады.

Қазіргі уақытта Коблякова Е.Б., Бескоровайна Г.П., Тихонова Т.П., Шамухитдинова Л.Ш., Лукашева И.А., Юсупова Ж.А. және басқа да мамандардың балалар киімдерін жобалау процесін, тұтынушылар нарығын маркетингтік зерттеу әдістерін жетілдіруге және мектеп киімдерінің ассортименттік коллекцияларын қалыптастыру процесін автоматтандыруға арналған жұмыстары белгілі. Дегенмен, мектеп жасындағы балаларға арналған киімдерді жобалау кезінде шешілуі қажет бірқатар мәселелер оны нақтылауды және одан әрі дамытуды талап етеді. Мектеп оқушыларының ұтымды жиынтығын, дизайнын және сыртқы түрін жобалау кезінде қоршаған ортаның табиғи және әлеуметтік факторларын кешенді есепке алу мәселелері өзекті болып қала береді.

Бұл зерттеу жұмысы орта мектеп жасындағы қыз балалардың мектеп формасын таңдаудағы шешіміне әсер ететін факторларды кешенді түрде талдай отырып, олардың физиологиялық, психологиялық, әлеуметтік және эстетикалық қажеттіліктерінің өзара байланысын ғылыми негізде сипаттайды.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы – мектеп формасын жобалау кезінде оқушылардың жас ерекшеліктерін ескеріп, маркетингтік талдау мен клиенттердің пікірлеріне сүйене отырып, эстетика мен эргономика талаптарын тоғыстыратын киім үлгісін жасау.

Зерттеудің алғашқы кезеңі бойынша орта топтағы, яғни 10-14 жастағы қыздарда гормондық өзгерістер айқын пайда болады. Пубертат кезеңінде қыздарда эстрогендерді өндіру жанданады, бұл:

- май қабатының ұлғаюы (әсіресе сан және кеуде бөлігінде);
- күйдің өзгеруі (сүт бездерінің өсуіне байланысты белдегі майысу);
- жоғары терлілік (апокрин бездерінің гиперактивтілігі)7

Қазіргі заманда балалар мен жасөспірімдердің физикалық дамуы қарқынды түрде жеделдеуде, бұл құбылыс акселерация (латынша acceleration – жылдамдау) деп аталады. «Акселерация» термині балалар мен жасөспірімдердің өсуі мен дамуының жеделдеуін, сондай-ақ ересектердің дене өлшемдерінің ұлғаюын білдіреді.

Эргономикалық киімді жобалаудың екінші кезеңінде тұтынушының қызмет түрін анықтау қажет, өйткені әрбір кәсіби сала киімге өзіндік арнайы талаптар қояды және бұл талаптар жобалау барысында міндетті түрде ескерілуі тиіс. Сонымен қатар, қоршаған орта жағдайлары мен олардың адамның қимыл-қозғалысына тигізетін әсерін зерттеу де маңызды. Бұл факторлар эргономикалық көрсеткіштерге тікелей ықпал етіп, киімнің қолайлылығы мен тиімділігін айқындайды. Рационалды конструкцияны жасау үшін киімнің пайдалану жағдайларын талдау негізінде дененің өлшемдік сипаттамаларын өзгертуге ең көп әсер ететін тән қозғалыстарды анықтау және сәйкесінше конструкция бөлшектерінің формасын белгілеу қажет [6]. Антропометриялық және антроподинамикалық деректерді жинау қазіргі таңда 3D сканерлеу жүйесі арқылы жүзеге асырылады. Бұл технология

виртуалды ортада адам қозғалысын модельдеуге, сондай-ақ статикалық және динамикалық жағдайда фигураның өлшемдік параметрлерінің кең спектрін дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Осы ғылыми жұмыста орта жас тобындағы қыз балаларға арналған мектеп формасын зерттеу барысында тек сыртқы сәні мен сымбаты ғана емес, ең алдымен баланың дене дамуы мен қозғалысына ыңғайлылығы, эргономикалық және қауіпсіздік талаптары ескерілген киім үлгісін әзірлеу мәселелері қарастырылды. Осыған байланысты жұмыстың практикалық маңыздылығы жоғары.

Зерттеудің мақсаты – орта жас тобындағы қыз балаларға арналған мектеп формаларын жобалаудың ғылыми-теориялық негіздерін анықтау және эксперименталдық үлгілерін жасау.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Орта мектеп жасындағы қыздардың мектеп формасын таңдауындағы талғамдары мен оған әсер ететін факторларды зерттеу мақсатында әлеуметтік зерттеу жүргізілді. Зерттеу жасөспірімдерге арналған брендтік киім нарығының талдауына негізделді [7], өйткені ол сәнді шешімдерді ұсына отырып, жеке ерекшеліктерді көрсетуге мүмкіндік береді, алайда бұл жасөспірімдердің киім таңдауын болжамсыз етеді.

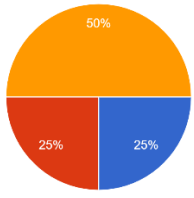
Жасөспірімдерді тек мектепте бекітілген киім нұсқаларымен шектеп, олардың пікірін өзгерту әрдайым мүмкін болмағандықтан, зерттеу барысында олардың көзқарастарын ескеру маңызды болды. Мектеп формасын таңдауда негізгі әсер етуші факторлар мыналар болды:

- мектепте стильді киіну қажеттілігі;
- құрбылар арасында танымал сәндік трендтер;
- мектептегі белгілі бір дресскодтың болуы;
- жасөспірімнің өз индивидуалды стилін қабылдауы;
- сапалы брендтік киім киюге деген ниет.

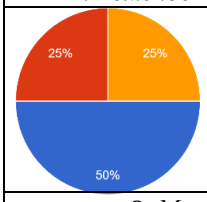
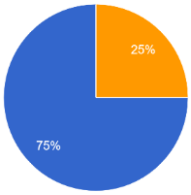
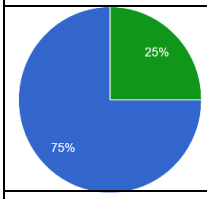
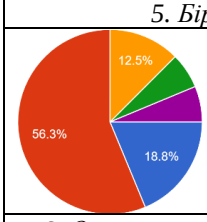
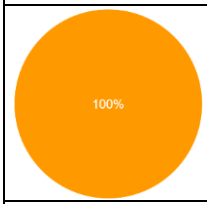
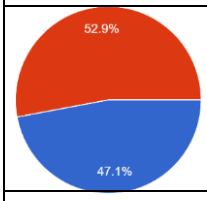
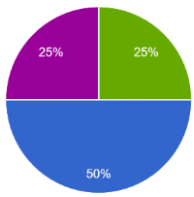
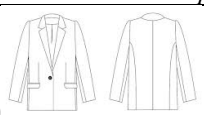
Жасөспірім қыздардың мектеп формасына қатысты стиль, комплектация және басқа сипаттамаларға қойылатын талаптарды жүйелеу мақсатында Алматы қаласындағы бірнеше мектептерде Google Forms платформасында сауалнама жүргізілді. Сауалнама 20 сұрақтан тұрды және қазақ және орыс тілдерінде 100 респондентке бағытталды. Сауалнама сұрақтары мектеп формасына қатысты дәстүрлі мәселелермен қатар, киімнің типтік модельдері, силуэт, кесілу, жағасы, түймелеу, түс және басқа конструктивтік элементтер бойынша әзірленді. Зерттеу нәтижелері 18 сұраққа берілген жауаптар негізінде талданды (1-кесте) [8].

Кесте 1

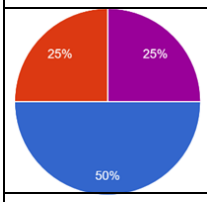
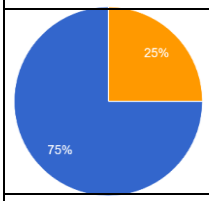
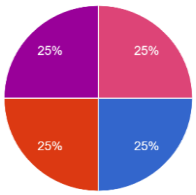
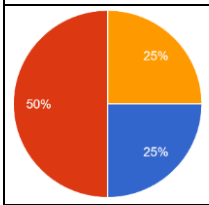
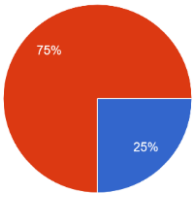
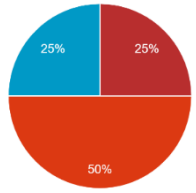
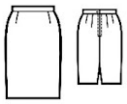
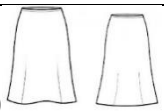
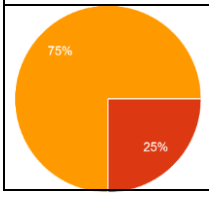
Онлайн сауалнаманың нәтижелері

1. Орта жастағы мектеп оқушысының имиджін қалай түсінесіз	
	■ 1) бұл адам туралы мүдделі тұлғалар жасайтын әсер, пікір, жеке стиль, оны сипаттайтын келбет ■ 2) ішкі және сыртқы келбеті, бейнесі туралы көрініс (жиі мақсатты жасалатын) ■ 3) оқушыларға эмоциялық-психикалық әсер етуге арналған белгілі бір құндылық сипаттамаларын бөліп көрсететін мақсатты түрде қалыптастырылған бейне ■ 4) бұл табысты оқудың шарты ■ 5) әлеуметтік ортаның санасында, бұқаралық санада оқушының бейнесін қабылдаудың эмоциялық боялған стереотипі

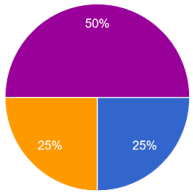
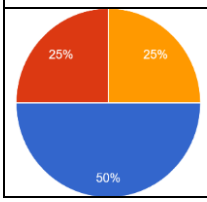
1-кестенің жалғасы

2. Төменде келтірілген мектеп формасының қайсысы Сіз үшін ең қолайлы
 ■ 1) мектеп формасы, бірақ мерекелер мен іс-шараларда ол күнделікті формадан ерекшеленуі тиіс ■ 2) классикалық киім стилі, бірақ мерекелер мен іс-шараларда бәрі бірдей нысанда болуы тиіс ■ 3) еркін стиль, бірақ мерекелер мен іс-шараларда ол бірдей болуы тиіс
3. Мектеп формасына мектеп нышаны немесе белгісі керек пе?
 ■ 1) иә ■ 2) жоқ ■ 3) білмеймін
4. Мектеп формасы мінез-құлыққа әсер ете ме?
 ■ 1) иә ■ 2) жоқ ■ 3) білмеймін
5. Бірыңғай мектеп формасының қандай түсі сізге ұнайды?
 ■ 1) қара ■ 2) көк ■ 3) сұр ■ 4) аралас ■ 5) ерекше түстер
6. Орта жастағы оқушының формасы қандай және ол қандай элементтерден тұруы тиіс
 ■ 1) жиынтық-үштік: жакет, блузка, юбка, галстук ■ 2) төрт жиынтық: жакет, блузка, юбка, кеудеше, галстук ■ 3) бес жиынтық: жакет, блузка, юбка, кеудеше, шалбар, галстук ■ 4) бес жиынтық: жакет, блузка, юбка, көйлек, шалбар, мойын орамалы ■ 5) жиынтық: сарафан, блузка, поло жейде, галстук
7. Жакет ұзындығын таңдаңыз
 ■ 1) бел деңгейінен төмен ұзындық ■ 2) бел деңгейіндегі ұзындық ■ 3) бел сызығына дейін
8. Жакет түрлерін таңдаңыз
 ■ 1)  ■ 2)  ■ 3)  ■ 4) 

1-кестенің жалғасы

9. Жакет жеңінін пішінін таңдаңыз
 ■ 1) жеңді қондырып пішу ■ 2) реглан жеңін пішу ■ 3) тұтас жасалған жеңдерді пішу ■ 4) құрама жеңді пішу ■ 5) кең ұзын ■ 6) жіңішке ұзын
10. Қандай жағаларды ұнатасыз
 ■ 1) пиджак ■ 2) шаль ■ 3) тіреу ■ 4) жіңішке лацканы бар ■ 5) кең лацканмен
11. Жакетке арналған ілгекті таңдау, екі нұсқаны таңдаңыз
 ■ 1) бір қаусырмалы ■ 2) қос қаусырмалы ■ 3) жасырын ■ 4) түймеленбеген, еркін жайылған ■ 5) түймелерде ■ 6) ілгектер ■ 7) сыдырма
12. Жакет қалтасындағы ұсыныстар
 ■ 1) рамкаға ресімделген тіліктер ■ 2) парақтармен ресімделген тіліктер ■ 3) клапандармен ресімделген ойықтар ■ 4) үстеме қалталар
13. Блуза түрін таңдаңыз
 ■ 1)  ■ 2)  ■ 3)  ■ 4) 
14. Белдемше түрін таңдаңыз
 ■ 1)  ■ 2)  ■ 3)  ■ 4)  ■ 5) 
15. Белдемшенің ұзындығын таңдаңыз
 ■ 1) тізеден төмен ■ 2) тізеден жоғары ■ 3) тізе деңгейінде

1-кестенің жалғасы

17. Қандай шалбарда сіз өзіңізді ыңғайлы сезінесіз	
	1) классикалық 2) тікелей 3) таңба 4) төменге қарай тарылған 5) кең 6) стрелкамен 7) қалталармен
18. Қандай материалдардан киімді қалайсыз	
	1) табиғи мақта-мата маталар 2) табиғи жүн маталар 3) аралас маталар 4) трикотаж жаймалар

Қазақстан Республикасының нарығында мектеп формасын тігуге қолданылатын маталарға жүргізілген зерттеу барысында олардың талшықтық құрамы анықталды. Зерттеу үшін әртүрлі өндірушілерден алынған мектеп формасына арналған нақты мата үлгілері таңдалып, талшықтық құрамын анықтауға бағытталған тауартану-экспертизалық талдаулар жүргізілді. Мектеп формасына арналған мата үлгілерінің сапасы органолептикалық, микроскопиялық және физика-химиялық әдістер арқылы бағаланды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Сауалнама нәтижелері бойынша орта мектеп жасындағы қыздардың таңдауы келесідей болды:

– мектеп формасы болуы тиіс, себебі ол мінез-құлыққа оң әсер етеді, ал мерекелер мен іс-шараларда ол күнделікті киімнен ерекшеленуі керек;

– оны мектептің символы немесе белгісімен безендіруге болады;

– көк түсіне басымдық беріледі;

– комплектациясы бес элементтен тұруы керек: жакет, блузка, белдемше, жилет, шалбар, галстук.

Жакет:

– пиджак түрінде, кіріктірілген жеңдерімен, полуприлиженген силуэтте, екі қатарлы немесе бір қатарлы, түймелер мен ілмектермен жабылатын, астарлы. Астынан алынатын жағасы немесе жеңі бар түрлері мүмкін;

– алдыңғы және артқы бөлігі орташа тігіспен, бүйірлерінде кесілген, белге дейінгі ұзындықта;

– қалталары жапсырмалы, клапанмен немесе рамкада;

– жағасы пиджак типіндегі.

Жейде.:

– рубашка тәріздес, қондырылған жеңдерімен, жартылай қынама белді силуэтте, планкасы ілмектер мен түймелермен;

– алдыңғы бойындае жапсырмалы қалталар;

– артқы жағы иініште;

– тіктемелі -қайырма жағамен;

– жеңі бір тігістен ұзын немесе қысқа манжетте;

– барлық тігістер бойынша 0,1 см-ге дейінгі сәндік тігіс жүргізілген.

Белдемше: Алдыңғы жағында кокеткамен орташа трапециялы, ортасында бір бантикпен, тізеге дейін немесе одан төмен ұзындықта.

Шалбар: Кең, классикалық немесе клеш болуы мүмкін.

Микроскопиялық талдау нәтижесінде барлық үш мата үлгісінде саржалық өрім түрі бар екені анықталды – бұл негізгі және арқау жіптердің жиі ауысуы нәтижесінде пайда болатын қиғаш сызықты өрнек. Беттік әрлеу сипатына байланысты №1 және №3 үлгілер пестроткань болып табылады, яғни түрлі-түсті жіптердің ауысып отыруынан тұрады, ал №2 үлгі біркелкі боялған – матаның барлық беті бір түске боялған.

Талшық құрамын анықтау үшін жану сынамасы мен оптикалық микроскопты қолдану арқылы микроскопиялық әдіс пайдаланылды. Барлық үш үлгінің беті тегіс, түктері жоқ және өрім үлгісі анық көрінеді. №1 және №2 үлгілердің беті күңгірт, жылтырлығы байқалмайды, ал №3 үлгіде жарық түскен кезде жағымды жылтырлық көрінеді. Бұл сыртқы түр сипаттамаларының нәтижелері барлық үлгілерде синтетикалық талшықтардың бар екендігін көрсетеді.

Талшықтық құрамды анықтау барысында жану әдісі қолданылып, жану процесінің сипаты, иісі және қалған қалдықтар зерттелді (2-кесте).

Кесте 2

Талшықтық құрамды анықтау нәтижелері

№	Талшықтың жануы			Күйгеннен кейінгі қалдық түрі	Жанған кездегі иіс
1	Отқа әкелген кезде	Оттың ішінде	Оттан шығарылған кезде		
2	бірден жанады, ерімейді	тез жанады	жануды жалғастыруда	саусақтардың арасында үгілмейтін қою сұр күл	күйген қағаздың иісі
3	бірден жанады, түтіндейді	тез жанады, қара түтін шығады	жануды жалғастыруда	саусақтардың арасында үгілмейтін қара күл	күйген қағаздың иісі
	бүрісіп қалады және жанады	баяу жанады, қара түтін пайда болады	түтіндейді	саусақтардың арасында оңай үгілетін қара түсті қатты түйіршік	күйген мүйіздің иісі

Жану сынамасының нәтижелері бойынша №1 және №2 мата үлгілерінің жану сипаты химиялық талшықтарға – атап айтқанда, вискоза мен полиэфирге – тән белгілермен сәйкес келетіні анықталды. Ал №3 үлгінің жану ерекшеліктері жүн материалына тән сипаттармен ұқсас, бұл аталған үлгіде табиғи талшықтардың, атап айтқанда жүннің бар екенін көрсетеді.

Алайда әртүрлі талшық түрлерінің жану сипатының ұқсастығы және олардың соңғы әрлеу өңдеуіне байланысты өзгеруі мүмкіндігіне байланысты, мұндай әдіспен талшықты нақты анықтау тек болжамды нәтиже береді. Сондықтан зерттеудің дәлдігін арттыру мақсатында әр үлгінің бойлық құрылымы микроскоп арқылы қосымша зерттелді.

Мата үлгілерінің сызықтық өлшемдері мен беткі тығыздығы ГОСТ 3811-72 мемлекеттік стандартына сәйкес анықталды (3-кесте).

Кесте 3

Мата үлгілерінің сызықтық өлшемдері мен беткі тығыздығы

Көрсеткіш	Зерттелетін үлгілер		
	№ 1	№ 2	№ 3
Ұзындығы, м	41,5	41,7	41,5
Ені, см	150	150	140
Беттік тығыздығы, г/м^2	89	87	93

Қорытынды. Маркетингтік зерттеулерді зерттеу негізінде қолданыстағы форманың негізгі кемшіліктері және ең ұтымды көрсеткіштер анықталды, бұл функционалдылықтың композициялық бірлігі, эстетика, құрылымдық параметрлердің оңтайлылығы қағидаттарына негізделген мектеп оқушыларына арналған форма модельдерінің жаңа жинағын жасауға мүмкіндік берді.

Осылайша, жүргізілген талдау мен анкеталық сауалнама нәтижесінде, бұл мақалада мақсатты тұтынушы – орта мектеп жасындағы қыздар талданды және мектеп формасына қойылатын бастапқы талаптар анықталды. Тұтынушылардың сұранысы мен талаптарын зерттеу – мектеп формасының сапасы мен дизайнына қатысты ата-аналар, мұғалімдер және оқушылар арасында арнайы сауалнама мен сұхбат жүргізілді. Бұл зерттеу нәтижесінде тұтынушылардың басты талаптары мен қалаулары: киімнің ыңғайлылығы, бағасының қолжетімділігі, көркемдігі мен стандарттарға сәйкестігі екені белгілі болды. Осы мәліметтер болашақтағы мектеп формасын жобалау және жетілдіру барысында маңызды бағдар ретінде қолданылды.

Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, мата енінің көрсеткіштері таңбалау белгісінде көрсетілген мәліметтерге сәйкес келетіні анықталды. Ал ұзындық өлшемдері техникалық құжаттамаға сәйкес сәл ғана ауытқуға ие. Дегенмен, зерттелген үлгілердің меншікті беткі тығыздығы таңбалаудағы ақпаратпен сәйкес келмейді. Бұл көрсеткіш мата тығыздығына тікелей әсер етіп, бұйымның қолдану мақсатын анықтайды.

Осылайша, жоғарыда аталған әр түрлі матаның әрқайсысы мектеп формасының әр түрлі компоненттерін тігуге арналған. Қорыта айтқанда, бұл маталардың құрамы, массасы, өрімі мен әрлеу түрлері мектеп формасына қойылатын қазіргі заманғы талаптарға толықтай жауап береді. Олар эстетика, жайлылық, беріктік пен күтім жеңілдігі сияқты негізгі қасиеттерді тиімді үйлестіре алады. Ұсынылған мата түрлері мектеп оқушыларының күнделікті киюіне лайықталып таңдалып, олардың қозғалыс белсенділігі мен дене құрылымының ерекшеліктерін ескере отырып іріктелді. Осы маталар негізінде жобаланған мектеп формасы ұзақ мерзімді тозуға жиі жууға және күнделікті киюге төзімді болатыны сөзсіз.

Әдебиеттер тізімі

1. Айкян, Д.А. Исследование рынка тематической школьной формы [Текст] / Д.А. Айкян, М.А. Гусева // Инновационная наука. – 2015. – № 10. – С. 240-241.
2. Каяшева, О.Г. Развитие личностной рефлексии в подростковом и юношеском возрасте : автореф. дис. … канд. психол. наук: 19.00.01 / О.Г. Каяшева. – М., 2006. – 30 с.
3. Юсупова, Ж.А. Разработка исходной информации для формирования рационального гардероба и ассортимента детской одежды для школьников : автореф. дис. … канд. техн. наук / Ж.А. Юсупова. – М., 2001. – 27 с.
4. Мациевская Ю.А. Разработка метода эргономического проектирования школьной одежды : автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.19.04 / Ю.А. Мациевская. – М., 2007. – 24 с.

5. Ушакова, Л.Д. Разработка принципов художественного проектирования школьной форменной одежды : автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.19.04 / Л.Д. Ушакова. – М., 2007. – 27 с.
6. Суконцева, Н.Ю. Исследование и разработка технологии комплексного проектирования одежды для школьников: дис. … канд. техн. наук / Н.Ю. Суконцева. – М., 2003. – 145 с.
7. Модная одежда для подростков 2025: мода, луки и образы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.alltime.ru/blog/?page=post&blog=watchblog&post_id=modnaya-odezhda-dlya-podrostkov-thisyear-moda-luki-i-obrazy.
8. Сауалнама орта жастағы қыздарға арналған мектеп формасын зерделеу бойынша [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdSOfk4WXetcL4A_d6UcSzp0wyac7Qv4IyIKFHjic_HAYNOzw/viewform?usp=header.

Материал редакцияға 31.03.25 түсті, 26.12.25 қабылданды.

А.Ш. Амангелдиева[1], Л.С. Тұрғынбекқызы[1]

[1]Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЫБОР ШКОЛЬНОЙ ФОРМЫ ДЕВОЧКАМИ СРЕДНЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, И ОЦЕНКА СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные факторы, влияющие на разработку исходных требований при проектировании школьной формы для девочек среднего школьного возраста. Основными причинами неудовлетворенности качеством школьной формы, выпускаемой предприятиями Казахстана, являются ее несоответствие гигиеническим и эргономическим требованиям, а также отсутствие возможностей для самореализации девочек среднего школьного возраста и их участия в формировании индивидуального стиля школьной формы. Средний школьный возраст является переходным этапом от детства к юности и характеризуется глубокой перестройкой организма, изменением личностных и социальных ценностей, что отчетливо проявляется в стремлении девочек к созданию собственного имиджа. В связи с этим в ходе исследования посредством онлайн-анкетирования были выявлены эстетические, функциональные и имиджевые требования подростков к школьной форме. На основе результатов анкетирования были систематизированы стиль, цветовое решение и комплектация школьной формы. Кроме того, были исследованы органолептические, микроскопические и физико-механические свойства образцов тканей для школьной формы, представленных на рынке Республики Казахстан. Полученные результаты позволяют научно обосновать выбор материалов и конструктивных решений при проектировании школьной формы.

Ключевые слова: школьная форма, школьный возраст, поведенческие характеристики школьников, подростковый возраст, имидж, индивидуальный стиль.

A.Sh. Amangeldiyeva[1], L.S. Turgynbekovna[1]

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE CHOICE OF SCHOOL UNIFORMS BY MIDDLE SCHOOL GIRLS AND EVALUATION OF MATERIAL SAMPLE PROPERTIES

Abstract. This paper examines the key factors influencing the development of initial design requirements for school uniforms intended for middle school girls. The main reasons for dissatisfaction with the quality of school uniforms produced by enterprises in

Kazakhstan include non-compliance with hygienic and ergonomic requirements, as well as the limited opportunities for self-expression and participation of middle school girls in shaping the individual style of school uniforms. Middle school age represents a transitional period from childhood to adolescence, characterized by profound physiological changes and transformations in personal and social values, which is clearly reflected in girls' desire to create their own image. Accordingly, the aesthetic, functional, and image-related requirements of adolescent girls for school uniforms were identified through an online survey. Based on the survey results, the style, color scheme, and composition of school uniforms were systematized. In addition, organoleptic, microscopic, and physical-mechanical properties of fabric samples for school uniforms available on the market of the Republic of Kazakhstan were investigated. The obtained results provide a scientific basis for selecting materials and structural solutions in the design of school uniforms.

Keywords: school uniform, school age, behavioral characteristics of schoolchildren, adolescence, image, individual style.

References

1. Aikyan D.A., Guseva M.A. Issledovanie rynka tematicheskoy shkol'noy formy [Research on the Market of Thematic School Uniforms] // Innovative Science. – 2015. – No. 10. – P. 240-241. [in Russian].
2. Kayasheva, O.G. Razvitie lichnostnoy refleksii v podrostkovom i yunosheskom vozraste [Development of Personal Reflection in Adolescence and Youth]: Abstract of PhD dissertation (Psychology): 19.00.01. – Moscow, 2006. – 30 p.
3. Yusupova, Zh.A. Razrabotka iskhodnoy informatsii dlya formirovaniya ratsional'nogo garderoba i assortimenta detskoy odezhdy dlya shkol'nikov [Development of Initial Data for Forming a Rational Wardrobe and Assortment of Children's Clothing for Schoolchildren]: Abstract of PhD dissertation (Engineering). – Moscow, 2001. – 27 p.
4. Matsievskaya, Yu.A. Razrabotka metoda ergonomicheskogo proektirovaniya shkol'noy odezhdy [Development of an Ergonomic Design Method for School Clothing]: Abstract of PhD dissertation (Engineering): 05.19.04. – Moscow, 2007. – 24 p.
5. Ushakova, L.D. Razrabotka printsipov khudozhestvennogo proektirovaniya shkol'noy formennoy odezhdy [Development of Principles of Artistic Design of School Uniform Clothing]: Abstract of PhD dissertation (Engineering): 05.19.04. – Moscow, 2007. – 27 p.
6. Sukontseva, N.Yu. Issledovanie i razrabotka tekhnologii kompleksnogo proektirovaniya odezhdy dlya shkol'nikov [Research and Development of Integrated Clothing Design Technology for Schoolchildren]: PhD dissertation (Engineering). – Moscow, 2003. – 145 p.
7. Fashion Clothing for Teenagers 2025: Trends, Looks, and Styles [Electronic resource]. – Access mode: https://www.alltime.ru/blog/?page=post&blog=watchblog&post_id=modnaya-odezhda-dlya-podrostkov-thisyear-moda-luki-i-obrazy.
8. Survey on the Study of School Uniforms for Middle-School Girls. Electronic resource [Electronic resource]. – Access mode: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdSOfk4WXetcL4A_d6UcSzp0wyac7Qv4IyIKFHjic_HAYNOzw/viewform?usp=header.

ҒТАМР 64.29.81

У.Е. Манапбаева[1] – *основной автор*, **Б.А. Абзалбекұлы[2], Ж.К. Гафуров[3]** ©

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

ORCID *[1]https://orcid.org/0009-0006-8829-207X [2]https://orcid.org/0000-0002-9552-0388 [3]https://orcid.org/0000-0002-2253-7306*

[1,2]М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан

[3]Джизак политехникалық институты, Джизак, Өзбекстан

@ [1]manapbaeva82@mail.ru

https://doi.org/10.55956/BXKJ1989

АЯҚ КИІМДІК БЕЙМАТА МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Қазіргі уақытта аяқ киім өндірісінде аяқ киімнің бөлшектері үшін жүннен жасалған беймата материалын қолдану тиімді әрі өзекті болып отыр. Өйткені жүннен жасалған киіз – табиғи материал, оның жылу сақтағыштық, оқшаулау, беріктік қасиеттері жоғары, сонымен қатар киіз өндіруде қолданылатын қой жүні арзан әрі қол жетімді болып табылады. Мақалада аяқ киім өндірісінде аяқ киім бөлшектеріне арналған жүннен жасалған беймата материалының физика-механикалық қасиеттік көрсеткіштерін анықтау бойынша зерттеу жұмысы жүргізілді. Жұмыста қазіргі таңдағы еліміздің отандық өндірістерінде шығарылған киіз материалдарының өлшемдік және құрылымдық сипаттамалары анықталды. Беймата материалдарының үш түрінен үлгілер дайындалды, әр үлгінің талшықты құрамы оптикалық микроскопта зерттелді, үлгілердің үзілу сипаттамалары анықталып, қалыңдық өлшемдері мен тығыздық параметрлері есептелді. Зерттеу нәтижелері бойынша басқа зерттелген үлгілермен салыстырғанда таза жүннен жасалған №1 үлгі үзілу беріктік көрсеткіші бойынша ең жоғары нәтижелер көрсетті.

Тірек сөздер: аяқ киім өндірісі, беймата материалы, жеңіл өнеркәсіп, текстиль, беріктік.

Манапбаева, У.Е. Аяқ киімдік беймата материалдарының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу [Мәтін] / У.Е. Манапбаева, Б.А. Абзалбекұлы, Ж.К. Гафуров //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.283-292. https://doi.org/10.55956/BXKJ1989

Кіріспе. Беймата материалдары табиғи және химиялық талшықтардың бір немесе бірнеше қабаттарынан, жіптерден, тоқыма материалдарының басқа түрлерін механикалық, физика-химиялық немесе біріктіріп бекіту технологиясымен дайындалады. Аяқ киім өндірісінде аяқ киім бөлшектері үшін беймата материалдары да қолданылады. Беймата материалы, киіз – бұл тығыз, берік, серпімді материал, ол таза табиғи жүннен немесе синтетикалық талшықтар қоспасымен дайындалады. Аяқ киімдік киіз жоғары беріктік, тозуға және өзгеріске тұрақтылық қасиеттерімен ерекшеленеді.

Аяқ киімге арналған киіздің шикізаттық құрамы бойынша негізгі компонент орташа және жоғарғы ұзындықтағы қой жүні болып табылады.

Қосымша компоненттері ретінде беріктігін, ылғал және тозу тұрақтылығын жоғарылату үшін синтетикалық талшықтар мысалы, полиэстер, полиамид, полиэфир қосылады. Беймата өндіруде табиғи және химиялық талшықтарды олардың тұтынушылық сипаттамаларына байланысты қолданады [1].

Аяқ киім өндірісіне арналған киіз материалын өндіру технологиясы талшықтарды дайындау яғни, тазалау, кардты тарау, араластыру процесстерімен жүзеге асырылады. Талшықтарды суландыру, қыздыру, механикалық әсер етумен киіз басу орындалады, нәтижесінде тығыз жайма түзіледі. Беймата жаймасына қажетті қалыңдық, тығыздық және пішін қалыптасыру үшін қосымша пресстеу және кептіру процесстері орындалады. Сонымен қатар, су итергіштік және антисептикалық қасиеттерін жоғарылату үшін жаймаға арнайы құрам сіңдіріліп қосымша өңдеу жүзеге асырылады.

Киіз материалы ең алдымен экологиялық таза материал (құрамы таза жүн болған кезде), жүннің микробқа қарсы және антистатикалық қасиеттерінің болуы аяқ киімдегі жағымсыз иістер мен бактериялардың дамуын азайтады. Беймата материалдардың бірқатар артықшылықтарын атап өтуге болады: олар экономикалық тиімді; табиғи материалдар мен маталарға қарағанда арзанырақ; салмағы аз болғандықтан дайын өнімнің салмағын төмендетеді; жылу оқшаулағыш қасиеті жоғары, бұл қыстық аяқ киімдер үшін маңызды; кейбір беймата материалдарының ауа өткізгіштігі мен гигроскопиялық қасиеттері жақсы; сондай-ақ синтетикалық талшықтар қолданылған жағдайда бейматалар микроорганизмдердің әсеріне және шіруге төзімді болып келеді, әрі оларды қалыптастыру жеңіл [2-3].

А.Д. Филиповтың [3] диссертациялық жұмысында аяқ киімнің ішкі бөліктерін жасау үшін қолданылатын аяқ киімдік және оқшаулағыш беймата материалдар өте жоғары сұранысқа ие болып отырғандығы айтылған.

Аяқ киім өндірісінде беймата материалдарын қолдану өзекті деп айтуға болады. Өйткені қазіргі уақытта сапасын жоғалтпай өнімнің өзіндік құнын төмендетуге, материалдарды қайта өңдеу кезінде экологиялық тазалығына, аяқ киімнің жайлылығы мен оның қызметін жақсартуға, технологиялық процесстерді жылдамдату және автоматтандыруға негізделіп көптеген жұмыстар атқарылуда.

Жүн негізіндегі беймата материалдары жақсы ұзақмерзімділігімен, жоғары беріктігімен және әртүрлі қолдану салаларында көп мәрте пайдалануға жарамдылығымен сипатталады.

Зерттеулер көрсеткендей, көпқабатты жүн беймата материалдарының беріктігі қосымша қабаттар енгізілген сайын артады [4]. Механикалық сынақтар бұл материалдардың едәуір үзу жүктемелеріне төтеп бере алатынын және құрылымдық тұтастығын сақтайтынын көрсетеді [5,6]. Материалдардың ұзақмерзімділігі инетесімді және термобайланыстыру сияқты өндірістік технологиялар арқылы артады, бұл талшықтар арасындағы адгезияны және материалдың жалпы беріктігін жақсартады [7]. Бұл зерттеулер жүн негізіндегі материалдардың беріктігін салыстырмалы түрде зерттеу қажеттігін көрсетеді, бұл жүннен жасалған беймата материалдардың тұрақты эксплуатациялық сипаттамалары туралы толыққанды түсінік қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Аяқ киім материалдарына негізгі қойылатын талаптар:

– материалдардың құрамында химиялық заттар болмауы және адам денсаулығына зиянды әсер етпеуі керек;

– ыңғайлы және гигиеналық болуы, яғни терінің тыныс алу буларын сіңіру, аяқ пен аяқ киімді күні бойы құрғақ ұстау, дене жылуын сақтау;

– жоғары көрсеткіштерге ие болуы: тозуға төзімділік, серпімділік, өлшемдік тұрақтылық және қыртыстардың пайда болуына төзімділік.

– жылудан қорғау және аязға төзімділік;

– дезодорациялау және сорбциялау қабілеті;

– отқа төзімділік.

Беймата материалдарының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу өте маңызды болып табылады, өйткені материалдың осы қасиеттері оның сапасын, сенімділігін және қолдану аймағын анықтайды. Беріктік, үзу жүктемесі, ұзаруы, қатылық және тозуға тұрақтылық қасиеттері материалдың белгіленуін түсінуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, материалдың ұзақ жарамдылығы мен сенімділігін қамтамасыз етеді. Беймата материалының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу оны пайдалану процесінде өз қасиеттерін қаншалықты сақтайтындығын бағалауға көмектеседі.

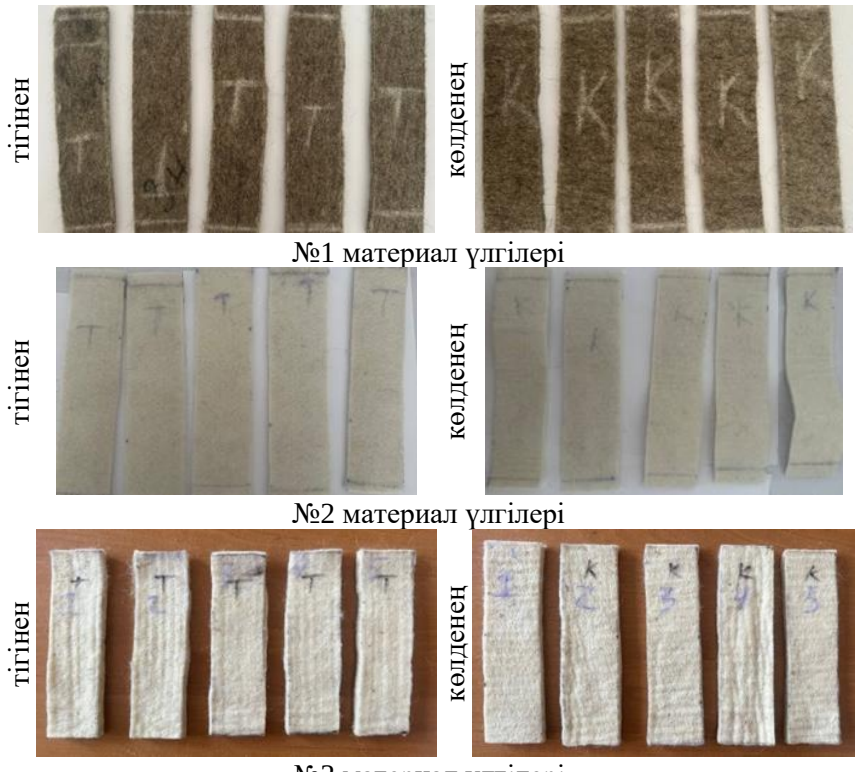
Зерттеудің мақсаты – аяқ киім өндірісіне арналған беймата материалдарының физика-механикалық қасиеттерін анықтау.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмысы үшін аяқ киім өндірісіне арналған беймата киіз материадарының бірнеше түрлері алынды (1-сурет):

№1 материал – таза жүнді киіз материалы (АО «Борская войлочная фабрика»), құрамы 100% дөрекі қой жүні, инетесімді әдіспен өндірілген беймата.

№2 материал – жартылай жүнді киіз материалы (ООО Е-Текс, Ресей), құрамы 50% жартылай дөрекі қой жүні, 50% полиэфир талшығы.

№3 материал – меринос тұқымды ақ қой жүнінен инетсімді әдіспен өндірілген киіз материалы (ИП «Мирас»), құрамы 100% қой жүні.



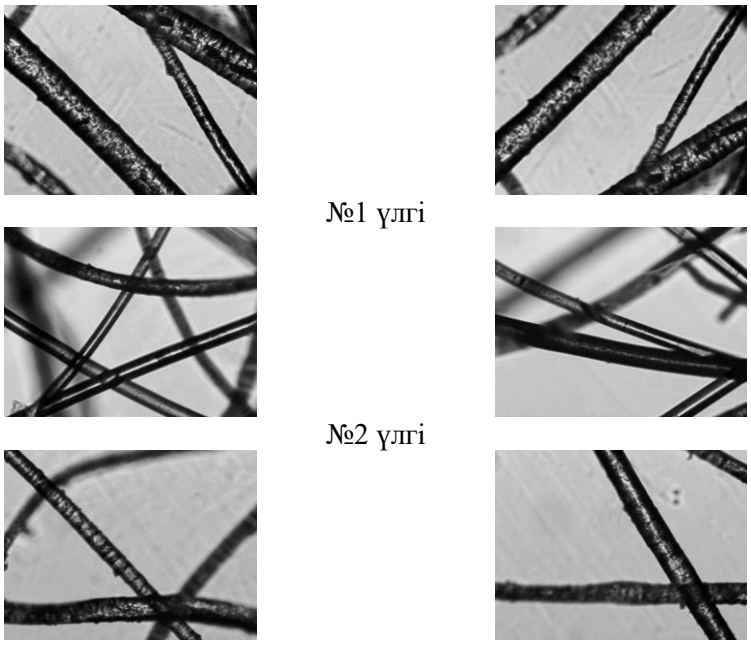
Сурет 1. Беймата киіз материадарының үлгілері

Аяқ киім киіз беймата материалдарының физика-механикалық қасиеттерін анықтау мақсатында бірқатар тапсырмалар алға қойылды:

- материалдар үлгілерінің құрамын анықтау;
- материалдар үлгілерінің қалыңдығын анықтау;
- материалдар үлгілерінің салмағын анықтау;
- материалдар үлгілерінің сызықтық тығыздығын анықтау;
- материалдар үлгілерінің беттік тығыздығын анықтау;
- материалдар үлгілерінің үзілу жүктемесін анықтау;
- материалдар үлгілерінің үзілу ұзаруы;
- материалдар үлгілерінің жыртылу күшін анықтау;

Зерттеу жұмысында материалдардың қалыңдығы ГОСТ Р 57583-2017 (ISO 9073-2:1995) стандартына сәйкес өлшенді; үзілу жүктемесі ГОСТ Р 53226-2008 стандартына сәйкес анықталды; сондай-ақ ГОСТ 3811-72 (ISO 3932-76, ISO 3933-76, ISO 3801-77) стандарттарына сәйкес материалдардың сызықтық және беткі тығыздықтарын, өлшемдерін анықтау әдістері қолданылды [8,9].

Ең алдымен материалдардың құрамын анықтау мақсатында үлгілердің талшығы AmScope оптикалық микроскоп арқылы зерттелді (2-сурет).



Сурет 2. Материалдардың талшықтарының оптикалық микроскоп арқылы 10 есеге үлкейтілген көрінісі

Зерттеу барысында №1 және №3 материалдардың таза жүннен, ал №2 материалдың жүн және синтетикалық талшық қоспасынан тұратыны расталды. Оптикалық микроскопия нәтижелері №1 және №3 материалдардағы жүн талшықтарының бетінен тән қабыршақты біркелкі емес құрылым көрсетті. №2 материалда жүн мен синтетикалық талшықтар қоспасы байқалды: полиэфир талшықтары біркелкі, тегіс және жылтыр беттік құрылымға ие, табиғи жүнге қарағанда қаттырақ және икемсіз көрінеді.

Зерттеу М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, «Текстиль, материалтану және стандарттау» кафедрасының зертханасында орындалды. Инемен тесілген беймата жаймасының құрылымы 1 $см^3$ өтетін тесу жиілігімен сипатталады. Инемен тесілген жаймаларды текстильдік лупаның көмегімен 1 $см^2$ бөлігінде тесік сандарын есептеп оның орташа арифметикалық мәндері алынды.

Беймата жаймаларының сызықтық өлшемдері ұзындығымен L, ені B және қалыңдығымен b, мм сипатталады. Сызықтық өлшемдері ГОСТ Р 53226-2008 стандартына сәйкес анықталды [10]. Құрылымдық сипаттамалары яғни сызықтық тығыздығы M_L, г/м, және беттік тығыздығы M_S, г/$м^2$ анықталып, орташа мәндері алынды. Есептеу нәтижелері төменде 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

Зерттелген материалдардың өлшемдік көрсеткіштері және құрылымдық сипаттамалары

№	Кесу бағыты	Ұзындығы L,мм	Ені B, мм	Қалыңдығы b, мм	Салмағы m, г	Сызықтық тығыздығы M_L, г/м	Беттік тығыздығы M_S, г/$м^2$
1	№1 материал						
	Тігінен	200	50	4,5	12,5	62,6	309,2
	Көлденең	200	50	4,74	13,6	68,2	341,2
2	№2 материал						
	Тігінен	200	50	2,5	4,27	21,3	106,6
	Көлденең	200	50	2,4	3,9	20	99,8
3	№3 материал						
	Тігінен	200	50	10,2	4,26	380,5	76
	Көлденең	200	50	9,9	3,9	368,3	70,7

Келесі ретте, беймата материалдарының үлгілерін беріктік сипаттамаларын анықтау «Текстиль, материалтану және стандарттау кафедрасының» зертханасында Tinius Olsen H25S (Англия) әмбебап үзу машинасында орындалды (3-сурет). Tinius Olsen H25S әмбебап үзу машинасы қойылған талаптарға жауап береді, ГОСТ 53226-2008 халықаралық стандартына сәйкес келеді.



Сурет 3. Tinius Olsen H25S әмбебап үзу машинасында үлгілердің беріктік сипаттамаларын анықтау

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Аяқ киімге арналған беймата материалдарының физикалық-механикалық қасиеттері олардың аяқ киімнің әртүрлі құрамдас бөліктерінде (астар, ішкі төсем, оқшаулағыш, өкше

және т.б.) қолдануға жарамдылығын анықтайтын көрсеткіштер жиынтығы болып табылады.

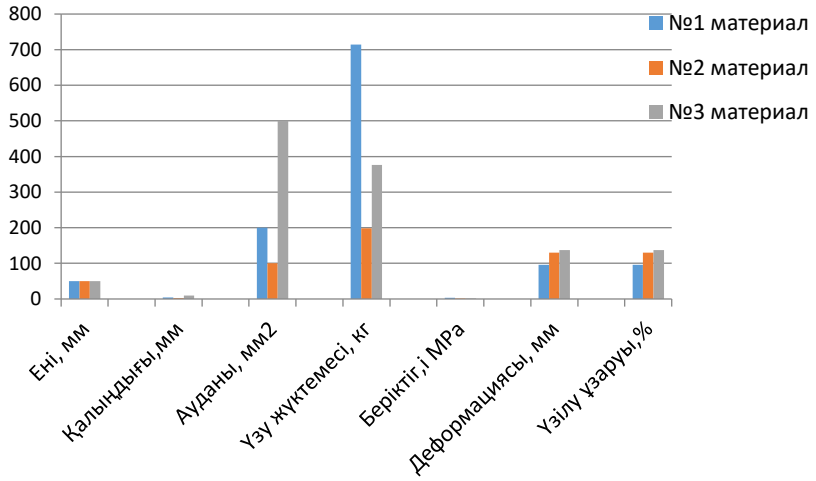
Tinius Olsen H25S әмбебап үзу машинасында №1, №2, №3 материалдардың тік және көлденең бағытта кесілген 30 үлгілеріне сынақ жүргізілді, нәтижелері бойынша орташа мәндері есептеліп кестеге енгізілді (2-кесте).

Кесте 2

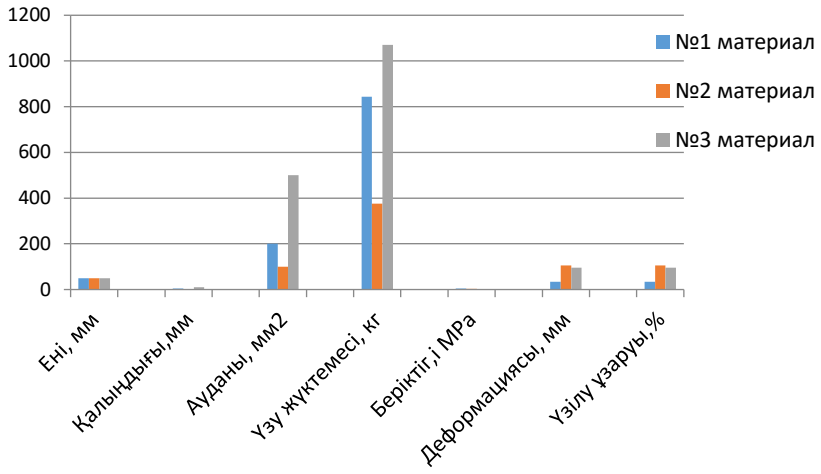
Зерттелген материалдарды үзу сипаттамалары

№	Кесу бағыты	Ұзындығы L,мм	Ені B, мм	Қалыңдығы b, мм	Үзу жүктемесі, кг	Беріктігі, МРа	Деформация, мм	Ұзаруы, %
1	№1 материал							
	Тігінен	200	50	4,5	12,5	62,6		309,2
	Көлденең	200	50	4,74	13,6	68,2		341,2
2	№2 материал							
	Тігінен	200	50	2,5	4,27	21,3		106,6
	Көлденең	200	50	2,4	3,9	20		99,8
3	№3 материал							
	Тігінен	200	50	10,2	4,26	380,5		76
	Көлденең	200	50	9,9	3,9	368,3		70,7

Үлгілерді сынау нәтижелерін қолданып үзу жүктемесі, үзілу ұзаруы, беріктігі, деформациясының тәуелділігі бойынша диаграмма жасалды (4 және 5-суреттер).



Сурет 4. Тік бағытында кесілген материалдардың үзу сиапттамалары



Сурет 5. Көлденең бағытта кесілген материалдардың үзу сиапаттамалары

Диаграммада көрсетілгендей, №1 материалдың тігінен кесілген үлгілерін сынау нәтижесінде үзу жүктемесі 714 кг, беріктігі 3,57 МРа, ұзаруы 97,5%, ал көледенең бағытында кесілген үлгілердің үзу жүктемесі 844 кг, беріктігі 4,22 МРа, ұзаруы 34,3% болды, яғни байқағанымыздай көлденең бағыттағы үлгілердің беріктік сипаттамалары жоғары болып тұр.

№2 материалдың тігінен кесілген үлгілерін сынау нәтижесінде үзу жүктемесі 198 кг, беріктігі 1,98 МРа, ұзаруы 130%, ал көлденең бағытында кесілген үлгілердің үзу жүктемесі 376 кг, беріктігі 3,76 МРа, ұзаруы 105%, бұл материал бойынша да көлденең бағыттағы үлгілердің беріктік сипаттамалары жоғары мәндерді көрсетті.

Келесі №3 материалдың тігінен кесілген үлгілерінің үзу жүктемесі 632 кг, беріктігі 1,26 МРа, ұзаруы 137%, ал көлденең бағытында кесілген үлгілердің үзу жүктемесі 1070 кг, беріктігі 2,13 МРа, ұзаруы 96% болды.

Материалдың қалыңдығы мен тығыздығы артқан сайын беріктік қасиеттерінің жоғарылайтыны анықталды, бұл алынған нәтижелердің [4] жұмысында келтірілген деректермен сәйкес келетінін көрсетеді.

Беймата материалдардың беріктік, серпімділік, тозуға төзімділік, үзілуге және деформацияға төзімділік қасиеттерін жақсарту шикізатты таңдауға, беймата жаймасының құрылымына және оны өңдеу технологиясына байланысты шаралармен жүзеге асырылады.

Қасиеттерін жақсартудың бірнеше негізгі бағыттарын атап өтуге болады:

1. Талшықтарды таңдау және модификациялау: жоғары беріктік сипаттамаларына ие талшықтарды қолдану (полиэфир, полиамид, полиолефин, арамид және т.б.); әртүрлі типтегі талшықтарды (табиғи және синтетикалық) араластыру арқылы олардың артықшылықтарын үйлестіру, яғни беріктік, гигроскопиялық және ыстыққа төзімділік қасиеттерін оңтайландыру; талшықтарды химиялық модификациялау (плазмалық өңдеу, функционалдық қоспаларды енгізу, силанизация), бұл талшықтардың адгезиясын және байланыстырғыш затпен бірігуін жақсартады; нанокоспаларды (наносаздар, көміртекті нанотүтікшелер, SiO_2, TiO_2 және т.б.) қолдану материалдың қаттылығын, термиялық тұрақтылығын және тозуға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

2. Беймата жаймасын қалыптастыру құрылымы мен технологиясын оңтайландыру: механикалық тығыздау – инетесімді әдіспен немесе су ағындарымен бекіту деңгейін арттыру арқылы құрылымның беріктігі мен тұрақтылығын жоғарылату; талшықтардың біркелкі таралуы – әлсіз аймақтардың және жергілікті кернеу концентрациясының төмендеуіне ықпал етеді; талшықтардың бағытын бақылау – бағыттап төсеу арқылы берілген бағыттағы беріктік қасиеттерін арттыруға мүмкіндік береді; көпқабатты құрылымдарды қолдану – әртүрлі қасиеттері бар қабаттарды (қатты/жұмсақ, гидрофобты/гидрофильді және т.б.) үйлестіру арқылы материалдың функционалдық сипаттамаларын жақсарту.

3. Тиімді байланыстырғыштарды қолдану: термиялық байланыстыру – бикомпонентті талшықтарды (мысалы, PE/PET) пайдалану, мұнда қабықша балқып, талшықтарды өзара байланыстырады; химиялық байланыстыру – беріктік пен тозуға төзімділікті арттыратын полимерлі байланыстырғыштарды (латекстер, акрилаттар, полиуретандар) енгізу; біріктірілген бекіту әдістері – инетесімді және термиялық бекітудің үйлесімі көп жағдайда материалдың физика-механикалық қасиеттерін едәуір жақсартатыны анықталған [6].

Қорытынды. Беймата материалдарының физика-механикалық қасиеттерін зерттеуде материалдардың беріктік сипаттамалары, үзу параметрлері анықталды. Тығыз, жоғары қалыңдықтағы беймата материалдарын үзуге сынауда №1 материалдың (қалыңдығы 4 мм) беріктігі жоғары болып табылды. №1 материал аяқ киім өндірісінде аяқ киім бөлшектері үшін қолдануға тиімді, беріктік қасиеті жоғары материал болып есептеледі.

Аяқ киім өндірісінде беймата материалдарын қолдану өзекті және перспективалы бағыт болып табылады, өйткені бұл бірқатар мүмкіндіктерді береді: өндірістің өзіндік құны мен технологиялылығын оңтайландыру, аяқ киімнің жайлылығы мен қызметін арттыру, экологиясы және инновация бойынша заманауи талаптарға жауап беру. Осылайша беймата материалдары аяқ киім индустриасының заманауи және тұрақты дамуының негізгі элементі болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Кирюхин, С.М. Текстильное материаловедение [Текст]: учебник для студентов высших учебных заведений / С.М. Кирюхин, Ю.С. Шустов. – М.: Колос, 2011. – 360 с.
2. Шеромова, И.А. Текстильные материалы: получение, строение, свойства [Текст]: учебное пособие / И.А. Шеромова. – Владивосток: ВГУЭС, 2006. – 220 с.
3. Филиппов, А.Д. Разработка структуры и исследование свойств утепляющих нетканых материалов из регенерированного сырья [Текст]: дис. … канд. техн. наук / А.Д. Филиппов. – М., 2021. – 140 с.
4. Borkulakova Z.H., Mels M.D., Shardarbek M., Bitus E.I., Sarybayeva E.E. Study on the strength of needle-punched nonwoven material made on the basis of sole trader "Miras".// The Journal of Almaty Technological University. – 2023. – No. 4. – P. 36-43.
5. Abzalbekuly B., Baidildayeva A., Yerdaulet Sh. Research of the strength properties of nonwoven materials of sheep wool // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.1(83). – P.121-126.
6. Абзалбекулы, Б. Исследование прочностных свойств нетканых полотен из шерсти овец [Текст] / Б. Абзалбекулы, Е.А. Кенжебаев // Оңтүстік Қазақстан ғылым жаршысы. – 2022. – № 3 (19). – С. 147.

7. Rafikov A., Mirzayev N., Alimkhanova S. Multilayer nonwoven lining materials made of wool and cotton for clothing and footwear //Journal of Industrial Textiles. – 2022. – Vol. 51. – No. 4_suppl. – P. 6173S-6194S.
8. ГОСТ Р 50275-77. Материалы геотекстильные. Метод отбора проб [Текст]. – Введ. 01-07-93. – Москва: Издательство стандартов, 1992. – 4 с.
9. ГОСТ 13587-77. Полотна нетканые и изделия штучные нетканые. Правила приемки и метод отбора проб [Текст]. – Введ. 01-07-78. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1977. – 4 с.
10. ГОСТ Р 53226-2008. Полотна нетканые. Методы определения прочности [Текст]. – Введ. 01-07-78. – 01-01-2010. – М.: Стандартинформ, 2009. – 23 с.

Материал редакцияға 17.11.25 түсті, 25.12.25 қабылданды.

У.Е. Манапбаева[1], Б.А. Абзалбекулы[1], Ж.К. Гафуров[2]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан
[2]Джизакский политехнический институт, Джизак, Узбекистан

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБУВНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В настоящее время использование нетканых материалов на основе шерсти для деталей обуви является эффективным и актуальным направлением в обувной промышленности. Шерстяной войлок представляет собой натуральный материал, обладающий высокими теплоизоляционными, изоляционными и прочностными свойствами; кроме того, овечья шерсть, применяемая при производстве войлока, отличается доступностью и низкой стоимостью. В статье приведены результаты исследований, направленных на определение физико-механических показателей нетканых материалов из шерсти, предназначенных для изготовления обувных деталей. Определены размерные и структурные характеристики войлочных материалов отечественного производства. Были изготовлены образцы трех типов нетканых материалов, исследован волокнистый состав каждого образца с использованием оптической микроскопии, определены показатели разрывной прочности, а также измерены толщина и рассчитаны параметры плотности. По результатам исследования установлено, что по сравнению с другими изученными образцами образец № 1 из чистой шерсти показал наивысшие показатели разрывной прочности.

Ключевые слова: производство обуви, нетканый материал, легкая промышленность, текстиль, прочность.

U.E. Manapbaeva[1], B. Abzalbekuly[1], J.K. Gafurov[2]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]Jizzakh Polytechnic Institute, Jizzakh, Uzbekistan

STUDY OF THE THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF NONWOVEN MATERIALS FOR FOOTWEAR

Abstract. At present, the use of wool-based nonwoven materials for footwear components is both effective and relevant in the footwear industry. Wool felt is a natural material characterized by high thermal insulation, insulating, and strength properties; moreover, sheep wool used in felt production is inexpensive and readily available. This article presents a study aimed at determining the physical and mechanical property

indicators of wool-based nonwoven materials intended for footwear components. The dimensional and structural characteristics of felt materials produced by domestic manufacturers were determined. Samples of three types of nonwoven materials were prepared; the fibrous composition of each sample was examined using optical microscopy, tensile characteristics were determined, and thickness measurements and density parameters were calculated. Based on the research results, compared with the other studied samples, Sample No. 1 made of pure wool demonstrated the highest tensile strength indicators.

Keywords: shoe manufacturing, nonwoven materials, light industry, textiles, durability.

References

1. Kirjuhin S.M., Shustov Yu.S. Tekstil’noe materialovedenie [Textile Materials Science]: Textbook for Students of Higher Educational Institutions. – Moscow: Kolos, 2011. – 360 p. [in Russian].
2. Sheromova I.A. Tekstil’nye materialy: poluchenie, stroenie, svoystva [Textile Materials: Production, Structure, Properties]: Study Guide. – Vladivostok: VGUES, 2006. – 220 p. [in Russian].
3. Filippov A.D. Razrabotka struktury i issledovanie svoystv uteplyayushchikh netkanykh materialov iz regenerirovannogo syr’ya [Development of Structure and Study of Properties of Insulating Nonwoven Materials from Recycled Raw Materials]: Candidate of Technical Sciences Dissertation. – Moscow, 2021. – 140 p. [in Russian].
4. Borkulakova Z.H., Mels M.D., Shardarbek M., Bitus E.I., Sarybayeva E.E. Study on the strength of needle-punched nonwoven material made on the basis of sole trader "Miras".// The Journal of Almaty Technological University. – 2023. – No. 4. – P. 36-43.
5. Abzalbekuly B., Baidildayeva A., Yerdaulet Sh. Research of the strength properties of nonwoven materials of sheep wool // Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2024. – No.1(83). – P.121-126.
6. Abzalbekuly B., Kenzhebaev E.A. Issledovanie prochnostnykh svoystv netkanykh poloten iz shersty ovets [Study of Strength Properties of Nonwoven Wool Fabrics] // South Kazakhstan Science Bulletin. – 2022. – № 3(19). – P. 147. [in Russian].
7. Rafikov A., Mirzayev N., Alimkhanova S. Multilayer nonwoven lining materials made of wool and cotton for clothing and footwear //Journal of Industrial Textiles. – 2022. – Vol. 51. – No. 4_suppl. – P. 6173S-6194S.
8. GOST R 50275-77. Materialy geotekstil’nye. Metod otbora prob [Geotextile Materials. Sampling Method]. – Introduced 01-07-93. – Moscow: Standards Publishing, 1992. – 4 p. [in Russian].
9. GOST 13587-77. Polotna netkanye i izdeliya shtuchnye netkanye. Pravila priemki i metod otbora prob [Nonwoven Fabrics and Piece Nonwoven Products. Acceptance Rules and Sampling Method]. – Introduced 01-07-78. – Moscow: IPC Standards Publishing, 1977. – 4 p. [in Russian].
10. GOST R 53226-2008. Polotna netkanye. Metody opredeleniya prochnosti [Nonwoven Fabrics. Methods for Determining Strength]. – Introduced 01-07-78 – 01-01-2010. – Moscow: Standartinform, 2009. – 23 p. [in Russian].

ҒТАМР 64.35.13

С.Ш. Сабырханова ©

PhD

ORCID *https://orcid.org/0000-0002-7665-0099*

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,

Шымкент, Қазақстан

@ *saltanat.sabyrkhanova@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/PTBD6834

ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ЗИЯНСЫЗ ТАБИҒИ РЕСУРСТАР АРҚЫЛЫ БЫЛҒАРЫНЫ ӨҢДЕУ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Бұл мақала шолу сипатында болып, соңғы жылдардағы былғарыны экологиялық қауіпсіз әдістермен өңдеу саласындағы зерттеулерді жүйелеуге, салыстыруға және талдауға бағытталған. Әлемдік тәжірибеде өсімдік сығындыларын, табиғи заттарды және қалдықтарды қайта өңдеу тәсілдерін қолданудың артықшылықтары мен шектеулері қарастырылады. Жүйелі әдебиеттерді сараптау арқылы былғарыны илеу әдістерінің қазіргі тенденциялары көрсетіледі. Бұл ғылыми шолу қазіргі заманғы былғары өңдеу саласындағы экологиялық тұрақты технологияларды дамытуға бағытталған бірнеше өзекті ғылыми бағыттарды қамтиды. Атап айтқанда, жергілікті өсімдік текті шикізаттардан алынған сығындыларды пайдалану арқылы илеу технологияларын әзірлеу, аяқ киім өндірісінде, әсіресе табан ұлтарағын дайындауда қайта өңделген былғарыларды қолдану мүмкіндіктері талданады. Жұмыста теріні өңдеудің дәстүрлі әдістерімен салыстырғанда жаңа экологиялық қауіпсіз тәсілдердің қоршаған ортаға әсері бағаланып, олардың тұрақты өндіріс қағидаттарына сәйкестігі айқындалады. Шолудың ғылыми жаңалығы – экологиялық әдістерді салыстырмалы талдау, олардың даму бағыттарын айқындау және Қазақстан жағдайында қолдану мүмкіндіктерін көрсету. Отандық теріні өңдеудің тұрақты және ресурстарды үнемдейтін технологияларын қолдану өндірістің экологиялық әсерін едәуір қысқартуға және жоғары сапалы және қауіпсіз тауарлар жасауға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: табиғи ресурстар, былғары, илегіш заттар, тері илеу, аяқ киім, ұлтарақ.

Сабырханова, С.Ш. Қоршаған ортаға зиянсыз табиғи ресурстар арқылы былғарыны өңдеу әдістері [Мәтін] / С.Ш. Сабырханова //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.293-302. https://doi.org/10.55956/PTBD6834

Кіріспе. Былғары өнеркәсібі әлемдік экономикада маңызды рөл атқарады және аяқ киім, сөмкелер, жиһаз және автокөлік орындықтары сияқты тауарларды өндірудің негізгі элементі болып табылады. Бірақ, теріні өңдеудің дәстүрлі әдістері, әсіресе хром тұздары мен басқа химиялық заттарды қолдану экологияға айтарлықтай зиян келтіреді және адам денсаулығына теріс әсер етуі мүмкін. Бұл тұрақты даму мен қоршаған ортаны қорғау мәселелеріне жаһандық назар аудару жағдайында ерекше өзекті болып

табылатын экологиялық таза және тұрақты технологияларды іздеу қажеттілігін тудырады.

Қазақстан Республикасы ауқымды табиғи ресурстарға және дамыған ауыл шаруашылығына ие бола отырып, былғары өнеркәсібіне экологиялық қауіпсіз технологияларды әзірлеу және енгізу үшін үлкен әлеуетке ие.

Кең аумақты алып жатқан табиғи жайылымдық жерлер бәсекеге қабілетті және экологиялық таза мал өнімдерін өндіруге тамаша мүмкіндіктер береді. Мал шаруашылығы еліміздің азық-түлік қауіпсіздігінің негізгі элементі бола отырып, халықты жұмыспен және табыспен қамтамасыз ете отырып, Қазақстанның аграрлық секторында әрқашан маңызды рөл атқарды. Қазақстан мал шаруашылығын дамыту үшін айтарлықтай ресурстарға ие, бұл оның қолайлы климаттық жағдайлар мен кең жайылымдар (187,55 млн га) сияқты табиғи бәсекелестік артықшылықтарына байланысты. 2024 жылғы тамыздағы жағдай бойынша елімізде Ірі қара малдың (ІҚМ) саны 8,7 млн басты құрады. Ірі қалаларды қоспағанда, өңірлер арасында ірі қара мал саны Түркістан облысында (1,1 млн бас), ал ең азы Маңғыстау облысында (19,4 мың бас) өсіріледі [1,2].

Соңғы жылдары елде экологиялық таза және жергілікті материалдарға деген қызығушылық артып келеді, бұл қоршаған ортаға аз әсер ететін теріні өңдеудің жаңа әдістерін жасауға мүмкіндік береді.

Алайда, шикізат ресурстарына қарамастан, қазақстандық былғары өнеркәсібі бірқатар проблемаларға тап болып отыр. Олардың бірі – импортталған химиялық тотықтырғыштар мен технологияларға тәуелділік, олар әрдайым заманауи экологиялық стандарттарға сәйкес келе бермейді. Осыған байланысты, қатаң экологиялық талаптарға сәйкес келетін, ішкі және халықаралық нарықтарда сапалы және қауіпсіз өнімге сұранысты қанағаттандыратын теріні илеу және қайта өңдеудің өзіндік әдістерін әзірлеудің шұғыл қажеттілігі бар.

Бұл шолу жұмысының мақсаты экологиялық таза материалдар мен технологияларды қолдана отырып, аяқ киімнің табан ұлтарағын өндіру үшін жергілікті теріні өңдеудің инновациялық және экологиялық тұрақты әдістерін кешенді түрде қарастыру болып табылады. Бұл нәтижелер былғары өндірісінің экологиялық жүктемесін төмендетуге, шикізатты кешенді пайдалануға және бәсекеге қабілетті өнім ассортиментін кеңейтуге бағытталған ғылыми негіз қалыптастырады. Бұдан басқа, ұсынылған әдістердің экологиялық қауіпсіздігін және олардың өмірлік циклді талдауды пайдалана отырып, қоршаған ортаға әсерін бағалау жүргізіледі.

Ғылыми зерттеулерге шолу және талдау. *Аяқ киім ұлтарағын жасауға арналған өңделген материалдардың қолданылу сипаттамалары*. Аяқ киімге қолданылатын материалдар, яғни EVA, PU, латекс, былғары, синтетикалық маталар әрқайсысы физикалық, гигиеналық және экономикалық сипаттамалардан тұрады. Мысалы, EVA – жеңіл әрі жұмсақ, PU – берік және серпімді, латекс – табиғи әрі ауа өткізгіштігі жоғары болып келсе, былғары – классикалық, бірақ күтімді қажет ететін материалға жатады. Материалдарды таңдау оның жеңілдігі, ауа өткізгіштігі, ылғал сіңіруі және төзімділігінен байланысты жүргізіледі. Көбінесе композиттік құрылымдар оңтайлы шешім болып табылады. Қазіргі зерттеулерде тұрақты және экологиялық қауіпсіз өндіріс қағидаттарын басшылыққа алып, аяқ киімнің ұлтарағын өндіру үшін ҚР қолжетімді жергілікті былғары шикізатын тиімді өңдеу мәселеріне ерекше назар аударылуда. Әдеби деректерде бұл бағыттағы жұмыстар экологиялық жүктемені төмендету, шикізат ресурстарын ұтымды

пайдалану және импортқа тәуелділікті азайту мақсатында кешенді тәсілдерді қолданудың маңыздылығын көрсетеді.

Қазіргі уақытта аяқ киім өндірісінде әр түрлі синтетикалық былғарылар табиғи былғарыларды алмастырып кеңінен қолданысқа ие болуда. Синтетикалық былғарылар табанның әр түрлі патологиялық ауруларын тудырады, гигиеналық талаптарға сай емес, өндіру технологиясы күрделі [3]. Табиғи былғарылардың гигиеналық қасиеттері жоғары, бірақ отандық шикізат қоры толық игерілмей қалуда. Сол себепті аяқ киім саласында маңызды бөлігі ұлтарақ жасауға отандық былғарыны өңдеп қасиеттерін жақсартып қолдану технологиялық және экономикалық тиімді, гигиеналық қасиеттері жоғары, кең ассортиментте бұйымдарды шығаруға мүмкіндік береді. Аяқ киімге материал таңдаған кезде тоқыма материалдарының тұтынушылық қасиеттері ескерілуі қажет. Былғары материалдарының физика-механикалық, химиялық қасиеттерін жақсартып, жоғары сапалы бұйым алудың бір тәсілі – жергілікті табиғи өсімдік негіздегі илеуші заттармен өңдеу технологиясын жетілдіру. Қазіргі ғылыми әдебиеттерде табиғи шикізат негізінде өңдеу әдістері экологиялық тазалығымен қатар, жаңартылған ресурстарды пайдалануға және өндірістік қалдықтарды азайтуға мүмкіндік беретін бірқатар зерттеулерде дәлелденген [4-6].

Материалдардың сипаттамасы олардың технологиялық жарамдылығын көрсеткенімен, оларды өнеркәсіпке енгізу мүмкіндігін нарықтық сұраныс пен өндірістік қажеттіліктерге тікелей байланысты. Қазақстан аяқ киім нарығының өсуіне әлеуеті бар республика. Осыған байланысты Қазақстандық брендтердің импорттық аяқ киімдерден бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін компаниялардың шығаратын өнімдерінің сапасына назар аудару қажет, сонымен қатар белсенді түрде отандық брендтерді жарнамалап, тұтынушыларға қызмет көрсету деңгейін көтеру қажет. Қазақстанда жеңіл өнеркәсіп 20 саланы қамтыған негізгі топтардан тұрады: тоқыма, киім, былғары және аяқ киім [3]. Қазақстанда аяқ киімдік тоқыма материалдарының өндірісі мен тұтынушылық тоқыма аяқ киім бұйымдарының жоқтығынан аяқ киім өндіруге қажетті материалдарды түгелдей дамыған шет елдерден тасымалдау өзекті болып тұр. Нарықтағы барлық өнімнің шамамен 98% Қытайдан, Түркиядан және Беларусиядан импортталады [7-11].

Елімізде өндірістің отандық кәсіпорындарына қолдау көрсетіледі. 2005 жылы Қазақстанның оңтүстігінде орналасқан «Оңтүстік» арнайы экономикалық аймақтың (АЭА) негізі қаланған. АЭА жеңіл өнеркәсіп өнімдерін өндірушілерге ұсынады. Қазіргі уақытта АЭА-та тек бір ғана аяқ киім кәсіпорны ЖШС «Lux Shoes» жұмыс жасайды. Оның өндірістік сыйымдылығы жылына 120 жұпты құрайды. Сонымен қатар Қазақстандық жаңа кәсіпорын «Evo Shoes» барлық елдің ірі аяқ киім компанияларын біріктіру міндетімен «біріккен аяқ киім өндірушілері» бастамасын көтерді [3].

Аяқ киім өнімдерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін тек өндірістік инфрақұрылымды дамыту жеткіліксіз, сонымен қатар пайдаланылатын материалдардың гигиеналық, экологиялық және технологиялық талаптарға сәйкестігін қамтамасыз ету маңызды. Осыған байланысты аяқ киім өндірісінде қолданылатын әртүрлі материалдардың сипаттамалары келтіріліп, олардың салыстырмалы артықшылықтары мен кемшіліктері талданды. Табиғи былғарының гигиеналық қасиеттері жоғары болғанымен өндірістік қолдануда шектеулері бар, ал жасанды материалдар қолжетімді болғанымен, денсаулыққа зиянды факторлар туындатады.

Сондықтан да жергілікті табиғи шикізатты қайта өңдеу арқылы экологиялық және гигиеналық талаптарға сай өнім алу әлеуетті бағыт болып табылады.

Былғарыны өңдеудің экологиялық әдістеріне салыстырмалы талдау. Қазіргі уақытта синтетикалық уытты бояғыштармен байланысты кейбір экологиялық мәселелерді шешу үшін жасыл химия саласында хабарлардың өсуіне байланысты кейбір синтетикалық бояғыштарға балама экологиялық таза бояғыштарды дайындауға басты назар аударылуда. Себебі табиғи экстракттар тоқыма материалдарын бағалы қауіпсіз әрі функционалды қасиеттермен қамтамасыз ете алады [12]. Табиғи бояғыштардың қоршаған ортаға зиянсыз болуы, биологиялық ыдырауы, улы еместігі т.б. көптеген артықшылықтары бар. Әрлеу өндірісінің ағын сулары өте уытты. Ғылыми және техникалық әдебиеттерде Plantago тектес өсімдіктердің сығындылары табиғи коагулянт ретінде зерттелген [13,14]. Әдебиеттерде мақта талшықтарымен салыстырғанда вискоза және жүн талшықтары бояудың ең жоғары қарқындылығына ие болған. Кейбір табиғи бояғыштар маталарды ерекше және талғампаз түстермен бояп қана қоймай, оларға бактерияға қарсы және ультракүлгін қорғаныс функцияларын бере алады [15,16]. Қазақстан Республикасында тоқыма материалдарын бояуға және басып шығаруға арналған өсімдік сығындылары тоқыма өнеркәсібінің тұрақты дамуы контекстінде олардың елеулі әлеуетін көрсетеді [17].

Теріні өңдеудің экологиялық таза әдістеріне көшу және химиялық заттарды пайдалануды азайту су мен ауа ресурстарының ластануын азайтуды қоса алғанда, табиғатқа теріс әсерді айтарлықтай азайтады. Бұл орнықты даму мақсаттарын орындауға ықпал етеді және әлемдік экологиялық үрдістерге сәйкес келеді [18].

Хроммен илеу ең тиімді әрі кең тараған әдіс болғанымен, қоршаған ортаға қауіп төндіреді, яғни Cr(VI) түзіледі. Өсімдік негіздегі илеу экологиялық қауіпсіз болғанымен процестің ұзақтығы және шығынды болып келеді. Синтетикалық және альдегидтік илеу әдістері хромсыз былғары алуға мүмкіндік береді, бірақ қолданылатын заттардың уыттылығы мен экологияға әсері әлі толық шешілмеген. Ферментативті илеудің болашағы зор биотехнологиялық бағыт, бірақ өнеркәсіптік тұрғыдан шектеулі. Жалпы, экологиялық әдістер хром технологиясын толық алмастырмаса да, өндірістің тұрақты дамуына негіз бола алады.

Беріктігі, тозуға төзімділігі және жайлылығы, сондай-ақ табиғи және денсаулыққа қауіпсіз материалдарды пайдалану сияқты жақсартылған өнімділігі бар инновациялық ұлтарақ әзірлеу тұтынушылардың қанағаттануын арттыру және жаңа нарықтарды ашу арқылы өнімнің жоғары сапасын қамтамасыз етеді.

Былғары мен аяқ киім ұлтарағы өндірісінде жергілікті ресурстарды пайдалану қазақстандық былғары қолөнерінің дәстүрлерін сақтауға ықпал етеді, жергілікті қоғамдастықтардың дамуын қолдайды, кәсіпкерлік белсенділікті ынталандырады және осы ресурстар өндірілетін ауылдық өңірлерде өмір сүру сапасын жақсартады.

Былғарыны илеу мен өңдеудің жаңа әдістерін әзірлеу, экологиялық таза және жоғары технологиялық өндірістік процестерді енгізу былғары өнеркәсібінде ғылым мен технологияларды дамытуға, сондай-ақ Қазақстанның табиғи ресурстарын өндіріс процесінде пайдалану мүмкіндіктері туралы ғылыми білімді кеңейтуге ықпал ететін болады.

Қазіргі жағдайда 1-кестеде көрсетілгендей хроммен илеу басымдыққа ие, бірақ оның экологиялық зияны жоғары. Ферментативті және өсімдік негізді әдістер ұзақ мерзімді экологиялық шешім болуы ықтимал.

Кесте 1

Экологиялық әдістерге салыстырмалы талдау

Өңдеу әдістері	Артықшылықтары	Кемшіліктері	Экологиялық әсері
Хроммен илеу	Жылдам, сапасы жоғары	Уытты Cr(VI) түзеді	Жоғары
Өсімдік таннидтері	Табиғи, қауіпсіз	Ұзақ уақыт, шығыны көп	Төмен
Ферментативті әдіс	Болашағы зор, экологиялық	Өнеркәсіпте шектеулі	Төмен
Альдегидті және синтетикалық әдістер	Икемділік береді	Денсаулыққа қауіп төндіреді	Орташа

Былғарыны илеуде қолданылатын илегіш заттар және өңдеу технологиялары. Былғары – жануарлардың шикі терісі мен терісін түрлендіру арқылы жасалған берік және икемді материал [19]. Ол илеу деп аталатын процесс арқылы жасалады, онда шикі тері мен терілер бактериялардың шабуылына, химиялық деградацияға және механикалық деформацияға қарсы тұратын шірімейтін материалға айналады. Материал гидротермиялық тұрақтылыққа, жақсы ауа өткізгіштікке, беріктікке, жоғары беріктікке және басқа сипаттамаларға ие болады [20]. Былғары тұрақтылығы коллаген талшықтарының органикалық немесе бейорганикалық болуы мүмкін илеу агентімен берік байланысуымен түсіндіріледі. Бейорганикалық агентте әдетте хром тұздары болады, олар тері коллагенімен үйлестіру кешендерін түзеді, бұл оның биохимиялық тұрақтануына мүмкіндік береді [21]. Басқа бейорганикалық тұздарға алюминий, цирконий, кремний және темір жатады [22]. Органикалық илеу агенттеріне мимоза, акацияның әртүрлі түрлері, тара, емен квебрачосы және т.б. сияқты көкөніс таннидтерімен илеу материалдары жатады. Көкөністерді пайдаланып илеуге арналған материалдар хромға қарағанда аз ластаушы болып саналады. Көкөністермен илеу теріні және терінің құрамында таниндері бар ағаштардың жапырақтары мен қабығымен өңдеуді қамтиды [23]. Басқа илеу агенттеріне майлы илеу [24], альдегидті илеу және синтетикалық илеу [25] жатады. Тері мен теріні өңдеу терінің қажетті ерекшеліктерін алу үшін консервілеу сатысы, алдын ала консервілеу операциялары, илеу операциялары, илеуден кейінгі өңдеу және әрлеу сияқты әртүрлі процестер мен операцияларды қамтиды [19].

Илеу процесінде бұл өңделмеген терілер шірімейтін берік және икемді материалға айналады. Былғары жақсы гидротермиялық тұрақтылыққа, жақсы механикалық қасиеттерге ие және оның химиялық және биологиялық ыдырауға төзімділігі оны әртүрлі қолданбаларда қолдануға көмектеседі. Былғары сөмкелер, белбеулер, киімдер, шағын аксессуарлар мен аяқ киімдер, жиһаздар, интерьерді безендіру сияқты әртүрлі мақсаттарда пайдаланылуы мүмкін. Былғары өнеркәсібі өзінің шикізатын ірі қара, түйе, қой мен ешкінің терісі түрінде, сондай-ақ түйеқұс, қоян, қолтырауын және балық сияқты экзотикалық көздерден алады. Балық өнеркәсібі үшін жақсы берік базасы бар Кенияда балық терісін өндіруді жалғастыру қажет. Былғары өңдеу үш қосалқы кезеңді қамтиды; алдын ала илеу, илеу және кейінгі илеу және әрлеу. Тұтынушының былғарыға деген қажеттілігінің сапасына байланысты илеудің

әр түрлі түрлері бар. Минералдармен илеу түрлеріне (хром, алюминий, темір, мырыш), өсімдік илеу (мимоза, акация, квебрахо), альдегидті илеу (глутальдегид, формальдегид) және майлы илеу жатады. Физикалық қасиеттердің ауқымы өнімнің сапасын анықтайды. Былғарыдан жасалған бұйымдардан пайдалану саласына байланысты әртүрлі физикалық, химиялық және беріктік қасиеттері қажет. Былғары өндірісінің экологиялық әсерін азайту үшін жаңа әдістер мен технологияларды қолдану қажет.

Негізгі илегіш заттарға хром тұздары, өсімдік таниндері, альдегидтер және синтетикалық полимерлер жатады. Хром беріктігі жоғары,бірақ экологиялық жағынан қауіпті, өсімдік таниндері табиғи әрі тұрақты, бірақ өңдеу уақыты ұзақ. Альдегидтер мен синтетикалық заттар икемді, бірақ экологиялық және денсаулық тұрғысынан мұқият бақылауды қажет етеді. Қазіргі уақытта илеу технологиялары бірнеше сатыдан тұратын күрделі процесс және әрбір кезең былғары сапасына әсер етеді. Жаңа технологиялар, мысалы, DriTan, ферментативті илеу және синтетикалық кешендер – былғары өндірісін экологиялық және технологиялық жағынан жетілдіруге бағытталған.

Қазақстан мал шаруашылығы әлеуетін ескере отырып, өсімдік негізді таннидтерді қолданудың мүмкіндіктері талданды. Халықаралық тәжірибелер көрсеткендей, дәстүрлі илеу әдістерінің орнына жаңа гибридтік және ферментативті әдістерді қолдану өндірісті тұрақтандырады.

Илеу саласында биотехнологиялық шешімдер болашағы зор, бірақ өндірістік бейімделу әлі жеткіліксіз.

Қорытынды. Әлемнің дамыған елдерінде былғары мен аяқ киім өндіруде экологиялық тұрақтылық, тұтынушының жайлылығы мен өндірістік тиімділіктің арасында тепе-теңдіктік қарастырылуда. Қазақстан Республикасының былғары өнеркәсібінің ағымдағы жай-күйінің сипаттамасы импорттық материалдар мен технологияларға тәуелділікпен байланысты проблемаларды қамтиды. Әдебиеттерді талдау нәтижесінде былғарыны экологиялық өңдеудің балама әдістері, олардың ішінде өсімдік таннидтері мен ферментативті әдістер ең әлеуетті бағыт екендігі айқындалды. Қазақстан жағдайында жергілікті шикізатқа сүйене отырып, экологиялық таза илеу әдістерін енгізу тиімді. Бұл саладағы инновациялар отандық кәсіпорындардың бәсекеге қабілеттілігін арттырады. Болашақта гибридтік илеу әдістерін зерттеу, қалдықсыз технологияларды дамыту және тұтынушылардың экологиялық сұранысын қанағаттандыруға бағытталған тәжірибелер қажет.

Әдебиеттер тізімі

1. Красота, В.Ф. Разведение сельскохозяйственных животных [Текст]: учебник для вузов / В. Ф. Красота, Т. Г. Джапаридзе. – М. : ВНИИплем, 1999. – 386 с.
2. Послание Президента Республики Казахстан народу Казахстана от 28 января 2011 года [Текст].
3. Официальный сайт АО «КазАгроПродукт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kazagro.kz/web/ka-onim/about.
4. Сабырханова, С.Ш. Жоғары сапалы аяқ-киім бұйымдарын өндіру үшін тоқыма материалдарының физика-химиялық қасиеттерін жақсарту [Текст]: дис. … PhD : 8D07206 / Сабырханова Салтанат Шалхарбаевна. – М., 2023. – 119 б.
5. Kant, R. Textile dyeing industry as an environmental hazard // Natural Science Journal. – 2012. – Vol. 4. – No. 1. – P. 22-26.

6. Kulkarni S.S., Gokhale A.V., Bodake U.M., Pathade G.R. Cotton dyeing with natural dye extracted from pomegranate peel // Universal Journal of Environmental Research and Technology. – 2011. – Vol. 1. – No. 2. – P. 135-139.
7. Samanta A.K., Agarwal P. Application of natural dyes on textiles // Indian Journal of Fibre and Textile Research. – 2009. – Vol. 34. – P. 384-399.
8. Производство обуви в Казахстане [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://turkestan.atameken.kz/.
9. Ведущие страны – производители обуви, 2018 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.statista.com.
10. Tulegenov, S. The influence of integration processes on foreign trade in Kazakhstan // CER Comparative European Research. – 2014. – P. 82.
11. Khazhgaliyeva, D.M., et al. Problems of formation and development of cluster economy using the example of light industry of the Republic of Kazakhstan // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2020. – No. 2. – P. 53-56.
12. Sabyrkhanova S.N. Efendioglu Ork, Yeldiyar G., Bitlisli B.O. Investigation of dyeing, antibacterial and antifungal properties of blended fabrics treated with plant-based dyestuffs and mordants as shoe materials // Coloration Technology. – 2023. – P. 1-14.
13. Bhandari A. et al. Comprehensive study of plant-based natural dyes: extraction techniques, characterization, and applications across food, cosmetics, and cotton products // Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res. – 2025. – No. 27. – P. 186-196.
14. Arora J., Agarwal P., Gupta G. Rainbow of natural dyes on textiles using plant extracts: sustainable and eco-friendly processes // Green and Sustainable Chemistry. – 2017. – Vol. 7. – No. 1. – P. 35-47.
15. Mongkholrattanasit R., Kryštůfek J., Wiener J., Viková M. Dyeing, fastness, and UV protection properties of silk and wool fabrics dyed with eucalyptus leaf extract by the exhaustion process // Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2011. – Vol. 19. – P. 94-99.
16. Mongkholrattanasit R., Kryštůfek J., Wiener J., Viková M. UV protection properties of silk fabric dyed with eucalyptus leaf extract // The Journal of the Textile Institute. – 2011. – Vol. 102. – P. 272-279.
17. Sabyrkhanova S.Sh., Yeldiyar G.K., Abzalbekuly B. Overview of plant extracts from the flora of Kazakhstan for dyeing and printing textile materials // Mechanics and Technology. – 2024. – No. 2 (84). – P. 360-368.
18. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development / United Nations General Assembly. – New York, 2015.
19. Duraisamy R., Shamena S., Berekete A.K. A review of bio tanning materials for processing of fish skin into leather // International Journal of Engineering Trends and Technology. – 2016. – Vol. 39. – No. 1. – P. 10-20.
20. Kesarwani P., Jahan S., Kesarwani K. A review on leather processing // International Journal of Applied Research. – 2015. – Vol. 1. – P. 977-982.
21. Focking D., Simoes M., Piana P. Resistance of the Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) tanned with vegetable tannin // Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists. – 2013. – Vol. 97. – No. 2. – P. 56-61.
22. Plavan V., Koliada M., Valeika V. An eco-benign semi-metal tanning system for cleaner leather production // Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists. – 2017. – Vol. 101. – No. 5. – P. 260-265.
23. Kuria A. et al. Quality evaluation of leathers produced by selected vegetable tanning materials from Laikipia County, Kenya // IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science. – 2016. – Vol. 9. – P. 13-17.
24. Suparno O., Kartika I.A. Chamois leather tanning using rubber seed oil // Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists. – 2009. – Vol. 93. – No. 4. – P. 158-161.
25. Danhong S. et al. Evaluation of environmental impact of typical leather chemicals. Part I: biodegradability of fatliquors in activated sludge treatment // Journal of the

Society of Leather Technologists and Chemists. – 2008. – Vol. 92. – No. 1. – P. 14-18.

Зерттеу жұмыстары М. Әуезов атындағы КЕАҚ Оңтүстік Қазақстан университетінің тарапынан қаржыландырылған ЮКУ2024-013 «Қоршаған ортаға зиянсыз табиғи ресурстарды тиімді пайдалана отырып, аяқ киімнің ұлтарағына ҚР отандық терілерін өңдеудің инновациялық әдістерін әзірлеу» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 15.05.25 түсті, *22.12.25 қабылданды*.

С.Ш. Сабырханова

Южно-Казахстанский исследовательский университет им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ КОЖИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫМИ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Аннотация. Эта статья носит обзорный характер и направлена на систематизацию, сравнение и анализ исследований в области обработки кожи экологически безопасными методами за последние годы. В мировой практике рассматриваются преимущества и ограничения использования растительных экстрактов, натуральных веществ и способов переработки отходов. Анализ систематической литературы показывает современные тенденции в методах дубления кожи. Данный научный обзор охватывает несколько актуальных научных направлений, направленных на развитие экологически устойчивых технологий в современной кожевенной промышленности. В частности, анализируются возможности разработки технологий дубления с использованием экстрактов из сырья местного растительного происхождения, использования переработанной кожи в производстве обуви, особенно при изготовлении стельки. В работе оценивается воздействие на окружающую среду новых экологически безопасных подходов по сравнению с традиционными методами обработки кожи и определяется их соответствие принципам устойчивого производства. Научная новизна обзора – сравнительный анализ экологических методов, определение направлений их развития и демонстрация возможностей их применения в условиях Казахстана. Применение устойчивых и ресурсосберегающих технологий отечественной обработки кожи позволяет значительно сократить экологическое воздействие производства и создать качественные и безопасные товары.

Ключевые слова: природные ресурсы, кожа, дубильные вещества, дубление кожи, обувь, стелька.

S.Sh. Sabyrkhanova

M. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan

METHODS OF LEATHER PROCESSING USING ENVIRONMENTALLY SAFE NATURAL RESOURCES

Abstract. This article is of a review nature and is aimed at systematizing, comparing, and analyzing recent studies in the field of environmentally safe leather processing methods. International practice considers the advantages and limitations of

using plant extracts, natural substances, and waste-recycling approaches. A systematic literature analysis reveals current trends in leather tanning methods. The scientific review covers several relevant research directions focused on the development of environmentally sustainable technologies in the modern leather industry. In particular, the possibilities of developing tanning technologies using extracts from locally sourced plant raw materials, as well as the use of recycled leather in footwear production, especially in insole manufacturing, are analyzed. The study evaluates the environmental impact of new environmentally friendly approaches in comparison with conventional leather processing methods and determines their compliance with the principles of sustainable production. The scientific novelty of the review lies in the comparative analysis of eco-friendly methods, the identification of their development directions, and the demonstration of their application potential under the conditions of Kazakhstan. The implementation of sustainable and resource-saving technologies in domestic leather processing can significantly reduce the environmental impact of production and contribute to the creation of high-quality and safe products.

Keywords: natural resources, leather, tanning agents, leather tanning, footwear, insole.

References

1. Krasota V.F., Dzhaparidze T.G. Razvedenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Breeding of Farm Animals]: extbook for Universities. – Moscow: VNIIplem, 1999. – 386 p. [in Russian].
2. Poslanie Prezidenta Respubliki Kazakhstan narodu Kazakhstana ot 28 yanvarya 2011 goda [Address of the President of the Republic of Kazakhstan to the People of Kazakhstan dated January 28, 2011]. [in Russian].
3. Official website of JSC "KazAgroProdukt" [Electronic resource]. Access mode: http://www.kazagro.kz/web/ka-onim/about. [in Russian].
4. Sabyrkhanova S.Sh. Zhogary sapaly ayaq-kiim buyymdaryn ondiru ushin toqyma materialdarynyn fizika-khimiyalyk qasietterin zhaksartu [Improvement of the Physicochemical Properties of Textile Materials for the Production of High-Quality Footwear Products]: PhD dissertation: 8D07206. – Moscow, 2023. – 119 p. [in Kazakh].
5. Kant, R. Textile dyeing industry as an environmental hazard // Natural Science Journal. – 2012. – Vol. 4. – No. 1. – P. 22-26.
6. Kulkarni S.S., Gokhale A.V., Bodake U.M., Pathade G.R. Cotton dyeing with natural dye extracted from pomegranate peel // Universal Journal of Environmental Research and Technology. – 2011. – Vol. 1. – No. 2. – P. 135-139.
7. Samanta A.K., Agarwal P. Application of natural dyes on textiles // Indian Journal of Fibre and Textile Research. – 2009. – Vol. 34. – P. 384-399.
8. Footwear production in Kazakhstan [Electronic resource]. Access mode: https://turkestan.atameken.kz/.[in Russian].
9. Leading footwear-producing countries, 2018 [Electronic resource]. Access mode: www.statista.com. [in Russian].
10. Tulegenov, S. The influence of integration processes on foreign trade in Kazakhstan // CER Comparative European Research. – 2014. – P. 82.
11. Khazhgaliyeva, D.M., et al. Problems of formation and development of cluster economy using the example of light industry of the Republic of Kazakhstan // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2020. – No. 2. – P. 53-56.
12. Sabyrkhanova S.N. Efendioglu Ork, Yeldiyar G., Bitlisli B.O. Investigation of dyeing, antibacterial and antifungal properties of blended fabrics treated with plant-based dyestuffs and mordants as shoe materials // Coloration Technology. – 2023. – P. 1-14.

13. Bhandari A. et al. Comprehensive study of plant-based natural dyes: extraction techniques, characterization, and applications across food, cosmetics, and cotton products // Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res. – 2025. – No. 27. – P. 186-196.
14. Arora J., Agarwal P., Gupta G. Rainbow of natural dyes on textiles using plant extracts: sustainable and eco-friendly processes // Green and Sustainable Chemistry. – 2017. – Vol. 7. – No. 1. – P. 35-47.
15. Mongkholrattanasit R., Kryštůfek J., Wiener J., Viková M. Dyeing, fastness, and UV protection properties of silk and wool fabrics dyed with eucalyptus leaf extract by the exhaustion process // Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2011. – Vol. 19. – P. 94-99.
16. Mongkholrattanasit R., Kryštůfek J., Wiener J., Viková M. UV protection properties of silk fabric dyed with eucalyptus leaf extract // The Journal of the Textile Institute. – 2011. – Vol. 102. – P. 272-279.
17. Sabyrkhanova S.Sh., Yeldiyar G.K., Abzalbekuly B. Overview of plant extracts from the flora of Kazakhstan for dyeing and printing textile materials // Mechanics and Technology. – 2024. – No. 2 (84). – P. 360-368.
18. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development / United Nations General Assembly. – New York, 2015.
19. Duraisamy R., Shamena S., Berekete A.K. A review of bio tanning materials for processing of fish skin into leather // International Journal of Engineering Trends and Technology. – 2016. – Vol. 39. – No. 1. – P. 10-20.
20. Kesarwani P., Jahan S., Kesarwani K. A review on leather processing // International Journal of Applied Research. – 2015. – Vol. 1. – P. 977-982.
21. Focking D., Simoes M., Piana P. Resistance of the Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) tanned with vegetable tannin // Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists. – 2013. – Vol. 97. – No. 2. – P. 56-61.
22. Plavan V., Koliada M., Valeika V. An eco-benign semi-metal tanning system for cleaner leather production // Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists. – 2017. – Vol. 101. – No. 5. – P. 260-265.
23. Kuria A. et al. Quality evaluation of leathers produced by selected vegetable tanning materials from Laikipia County, Kenya // IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science. – 2016. – Vol. 9. – P. 13-17.
24. Suparno O., Kartika I.A. Chamois leather tanning using rubber seed oil // Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists. – 2009. – Vol. 93. – No. 4. – P. 158-161.
25. Danhong S. et al. Evaluation of environmental impact of typical leather chemicals. Part I: biodegradability of fatliquors in activated sludge treatment // Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists. – 2008. – Vol. 92. – No. 1. – P. 14-18.

ҒТАМР 61.01.77 : 70.85.29

Г.Б. Курманбаев[1] – *негізгі автор*,
Ш.М. Умбетова[2], У. Умбетов[3],
Н.С. Кулмурзаев[4], Ж.С. Асанова[5]

[1,2]*Техн. ғылым. канд.*, [3]*Техн. ғылым. д-ры, профессор*, [4]*Экон. ғылым. канд.*, [5]*Магистр*

ORCID [1]*https://orcid.org/0009-0002-0683-9926* [2]*https://orcid.org/0000-0001-7716-9822*
[3]*https://orcid.org/0000-0001-6931-7944* [4]*https://orcid.org/0000-0003-4456-9891*
[5]*https://orcid.org/0000-0003-4456-9891*

[1]*Қызылорда Ашық университеті, Қызылорда, Қазақстан*
[2,4,5]*Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан*
[3]*Болашақ университеті, Қызылорда, Қазақстан*

@ [2]*umbetova-37@mail.ru*

©

https://doi.org/10.55956/FQKJ4566

АҚАБА СУЛАРДЫ ОЗОН ЖӘНЕ АТМОСФЕРАЛЫҚ ОТТЕГІ АРҚЫЛЫ ТАЗАРТУ

Аңдатпа. Өндірістік ақаба сулардың, әсіресе мұнай өнімдерімен ластануының артуы жағдайында оларды тиімді тазарту әдістерін іздеу өзекті мәселе болып отыр. Ластанудың негізгі көзі – дәстүрлі әдістермен жоюы қиын көмірсутектер. Бұл зерттеуде озон мен атмосфералық оттегі қоспасын марганец диоксиді катализаторының әртүрлі концентрациясында пайдалану арқылы ақаба суларды тотығу әдісі ұсынылды. Органикалық синтез зауытының нақты су үлгілерінде 500-ден астам тәжірибе жүргізілді. Салыстырмалы талдау озонның тазарту тиімділігі жоғары екенін көрсетті (53%-ға дейін), ал оттегімен өңдеу кезінде бұл көрсеткіш 41% болды. Сонымен қатар, озон жарық өткізгіштікті арттыруда да басымдық танытты. Озон үшін MnO_2 катализаторының оңтайлы концентрациясы 1-2 г/л екені анықталды. Ұсынылған әдіс экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді, катализаторды бірнеше рет қолдануға мүмкіндік береді және көмірсутектердің жоғары концентрациясы бар суларды тазартуда перспективалы болып табылады.

Тірек сөздер: суды озондау, ақаба сулар, атмосфера, су тазарту, ластану, концентрация.

Курманбаев, Г.Б. Ақаба суларды озон және атмосфералық оттегі арқылы тазарту [Мәтін] / Г.Б. Курманбаев, Ш.М. Умбетова, У. Умбетов, Н.С. Кулмурзаев, Ж.С. Асанова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.303-310. https://doi.org/10.55956/FQKJ4566

Кіріспе. Қазіргі индустрияның даму жағдайында өндірістік қалдықтардың табиғи суларға түсуі жиілеп, оларды тиімді тазарту мәселесі өзекті бола түсуде [1]. Ластаушы заттардың көлемі ғана емес, олардың химиялық әртүрлілігі мен уыттылығы да артып келеді [2]. Дәстүрлі тазарту әдістері, әсіресе органикалық ластағыштарды жою мен шламдарды өңдеу саласында, тиімділігін жоғалтып отыр [3]. Ағаш өңдеу, целлюлоза-қағаз, металлургия және химия өнеркәсібі сияқты салалар суды қиын ыдырайтын заттармен ластайтын негізгі көздерге жатады [4].

Соңғы жылдары суды органикалық ластағыштардан тазарту үшін тотығу технологияларын қолдану кеңінен таралуда. Тотығу агенттері ретінде озон, хлор және хлор диоксиді сияқты заттар пайдаланылады [5-6]. Сонымен қатар, озон мен ультракүлгін сәуле, сутегі асқын тотығы мен екі валентті темір иондары, сондай-ақ сутегі асқын тотығы мен ультракүлгін сәуленің комбинациясы сияқты күрделі тотығу жүйелері де қолданылады [8].

Бұл әдістердің негізі – органикалық қосылыстарды төмен молекулалық салмақты және уытсыз бейорганикалық заттарға дейін ыдырату. Озон – ең тиімді тотығу агенттерінің бірі, себебі ол тіпті қиын тотығатын органикалық заттарды көмірқышқыл газы мен суға дейін ыдырата алады [9]. Озон тек өндірістік ақаба суларды ғана емес, ауыз суды халықаралық стандарттарға сай тазарту үшін де қолданылады [10]. Дегенмен, озонды өндіру көп энергияны қажет етеді, бұл оның негізгі кемшілігі болып табылады [11].

Ақаба суларды тазартудың тағы бір әдісі – атмосфералық ауадан алынған оттегіні пайдалану. Бұл әдіс экологиялық және технологиялық тұрғыдан қауіпсіз, әрі энергияны аз қажет етеді [12]. Алайда, бұл әдіс органикалық заттардың жоғары концентрациясы кезінде тиімділігін жоғалтады [13]. Сондықтан, ақаба суларды тотығу арқылы тиімді тазартудың жаңа жолдарын іздеу әлі де маңызды.

Қазіргі таңда әртүрлі ластағыштарға арналған тазарту әдістері көп болғанымен, әмбебап әрі жоғары тиімді әдіс әлі табылған жоқ [14]. Осы зерттеуде озон мен атмосфералық оттегіні қолдана отырып, марганец диоксидін катализатор ретінде пайдалану арқылы ақаба суларды тазартудың жаңа әдісі ұсынылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеудің шарттары – озон мен атмосфералық оттегіні пайдалану арқылы ақаба суларды тазартудың тиімді әдісін әзірлеу.

Міндеттері:

а) тотығу процесінде катализаторлардың тиімділігін бағалау және гидроксидтік пен пероксидтік радикалдардың түзілуін зерттеу;

ә) екі түрлі тотығу әдісінің тиімділігін салыстырып, ең тиімді катализатор концентрациясын анықтау.

Эксперименттер арнайы құрастырылған құрылғыда орындалды. Қондырғы келесі бөліктерден тұрды: ауа ағынын тазарту және кептіру блогы бар компрессор, озон генераторы, ротаметр, тотығу реакциясы жүретін реактор, газ анализаторы және озон қалдықтарын жоятын дегазатор. Атмосфералық оттегімен жұмыс істегенде озон генераторына ток берілмеді.

Әрбір тотығу әдісі бойынша 270 реттен, жалпы 540 тәжірибе жүргізілді. Бұл тәжірибелерде марганец диоксидінің әртүрлі концентрациялары қолданылды.

Зерттеу нысаны ретінде органикалық синтез зауытының ағынды сулары алынды. Бұл суларда ароматты және алифатты көмірсутектердің жоғары концентрациясы анықталды. Олар жоғары уыттылықпен және оттегіні көп тұтынуымен ерекшеленеді. Сонымен қатар, суларда сілтілік деңгейі жоғары болғандықтан, оларды күкірт қышқылымен бейтараптандыру қажет болды. Нәтижесінде түзілген сульфаттар мен шайыр эмульгаторларының мөлшері рұқсат етілген шектен асып кетті. Осы себептер зерттеуді жүргізуге негіз болды.

Әр тәжірибеде реакторға 1 литр ағынды су құйылып, оған марганец диоксидінің келесі концентрациялары қосылды: 0,01, 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0 және 8,0 г/л. Әр концентрация үшін 30 қайталау жасалды. Озон мен

ауа қоспасы 3,0 г/л озон концентрациясымен және 80 л/сағ шығынымен берілді. Атмосфералық оттегімен де дәл осындай параметрлер қолданылды. Эксперименттер бөлме температурасында (20-22°C) жүргізілді, бұл кинетикалық аймақ шарттарына сәйкес келеді.

Оттегі тұтыну деңгейі бихромат әдісімен анықталды. Бұл әдісте органикалық заттар калий бихроматы мен күкірт қышқылының 1:1 қатынасындағы ерітіндісімен тотығады. Бұл әдіс химиялық оттегі тұтынуын дәл анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жарық өткізгіштік коэффициенті 5 см кювета және 400 нм толқын ұзындығы арқылы өлшенді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Барлық мәліметтер Excel бағдарламасына енгізілді. Орташа мәндер мен стандартты қателіктер есептелді. Әртүрлі эксперимент нәтижелерінің айырмашылығын бағалау үшін Стьюденттің t-тесті қолданылды. Сенімділік деңгейі $p \leq 0,05$ деп алынды. Жарық өткізгіштік пен тазарту тиімділігі пайызбен көрсетілді.

Зерттеу нәтижелері бойынша, озон мен атмосфералық оттегі қоспаларын қолдану арқылы ақаба суларды тотығу арқылы тазарту тиімділігі өңдеу уақытына және катализатор концентрациясына тікелей байланысты екені анықталды. Ең жоғары тотығу белсенділігі тазарту процесі басталғаннан кейінгі алғашқы 15-30 минут аралығында байқалды.

Озонмен өңдеу кезінде алғашқы 15 минут ішінде химиялық оттегі тұтыну деңгейінің төмендеуі атмосфералық оттегімен салыстырғанда айтарлықтай жоғары болды ($p \leq 0,05$). 30 минуттан кейін екі әдістің де тиімділігі тұрақтанып, оттегі тұтыну деңгейі өзгеріссіз қалды. Алайда, марганец диоксиді катализаторының қатысуымен озон қолданылған жағдайда, атмосфералық оттегімен салыстырғанда оттегі тұтыну деңгейі едәуір төмен болды ($p \leq 0,05$).

Катализатор концентрациясы 0,1-0,5 г/л-ден 1-2 г/л-ге дейін артқанда, екі тотығу әдісі де жоғары тиімділік көрсетті. 30 минуттық өңдеуде озонмен тазарту тиімділігі 53%-ға, ал атмосфералық оттегімен – 41%-ға жетті. Бұл озонның катализатор қатысқан жағдайда да тиімдірек екенін көрсетеді ($p \leq 0,05$). Бұл жоғары тиімділікті марганец диоксидінің екі электронды тотығу реакциясына қатысып, манганаттар түзуімен түсіндіруге болады. Бұл қосылыстар сілтілік ортада көмірсутектермен әрекеттесіп, қайтадан тұрақты марганец диоксидіне айналады.

Соңғы уақытта суды ультракүлгін сәулемен тазарту әдісін хлорлауға балама ретінде қолдану үрдісі байқалуда. Бұл әдістің тиімділігі судың мөлдірлігіне байланысты болғандықтан, зерттеуде жарық өткізгіштік көрсеткіші де ескерілді.

Катализатор қатысқан жағдайда жарық өткізгіштіктің ең жоғары көрсеткіші озонмен 1 сағат өңдегенде 83%-ға жетті (0,01 г/л концентрациясында). Атмосфералық оттегімен бұл көрсеткіш 52% болды ($p \leq 0,05$), бірақ катализатор концентрациясы 1 г/л-ге дейін арттырылды. Бұл озонның тиімділігі жоғары екенін және жарық өткізгіштікке жету үшін атмосфералық оттегімен салыстырғанда аз катализатор қажет екенін көрсетеді. Озонның жоғары тиімділігі оның қос байланыстармен әрекеттесіп, қосылу реакцияларын жүргізу қабілетіне байланысты. Ал атмосфералық оттегі гидроксил және пероксид радикалдары арқылы байланыстарды үзу арқылы әрекет етеді.

Катализатор концентрациясы 1 және 2 (0,01 және 0,05 г/л) болғанда, жарық өткізгіштік көрсеткіштерінде айтарлықтай айырмашылық байқалмады. Алайда, 1 сағаттық өңдеуден кейін pH деңгейінің едәуір төмендеуі тіркелді

(кесте 1): озон үшін – $p \leq 0,01$, атмосфералық оттегі үшін – $p \leq 0,05$. Ең үлкен төмендеу алғашқы 15–30 минутта байқалды, кейін pH деңгейі баяу төмендеді ($p \leq 0,02$).

Кесте 1

Катализатор концентрациясы, өңдеу уақыты және тотығу әдісіне байланысты ағынды судың pH көрсеткіштері

Катализатор концентрациясы (г/л)	Озонмен өңдеу			Катализатор концентрациясы (г/л)	Атмосфералық оттегімен өңдеу		
	15 мин	30 мин	60 мин		15 мин	30 мин	60 мин
1	8,50	7,91	7,42	1	8,78	8,19	7,98
2	8,52	7,84	7,35	2	8,68	8,03	7,76
3	8,10	7,52	7,03	3	8,54	7,96	7,67
4	8,00	7,30	7,01	4	8,50	7,95	7,59
5	7,74	7,03	6,37	5	8,43	7,91	7,52
6	7,58	6,89	6,15	6	8,43	7,88	7,46
7	7,52	6,91	6,11	7	8,40	7,85	7,40
8	7,50	6,82	6,40	8	8,31	7,79	7,29
9	7,55	6,90	6,47	9	8,25	7,74	7,21

Катализатор концентрациясы 0,5 г/л-ден жоғары болғанда, өңдеудің алғашқы 30 минутынан кейін су құрамында көмірсутектер анықталмады. Бұл атмосфералық оттегі үшін ең тиімді концентрация – 2 г/л, ал озон үшін – 1 г/л екенін көрсетті. Тиімділік көрсеткіштері: озонмен – 53%, оттегімен – 42%. Жарық өткізгіштік: озонмен – 62%, оттегімен – 43%.

Зерттеу барысында зауыттан алынған жоғары көмірсутек концентрациясы бар су үлгілері зерттелді. Катализатор қатысқан жағдайда көмірсутектердің ең жоғары тотығуы оны енгізгеннен кейінгі алғашқы 30 минутта байқалды. Бұл ретте қолданылған тотығу агентінің түрі айтарлықтай рөл атқармады.

Атмосфералық оттегімен өңдеу кезінде катализатор концентрациясы 2 г/л болғанда тазарту тиімділігі едәуір артты ($p \leq 0,05$), ал озон үшін бұл көрсеткіш 1 г/л деңгейінде болды ($p \leq 0,05$, 2-кесте).

Кесте 2

Катализатор қосылғаннан кейін 30 минуттан соң озон және атмосфералық оттегімен өңделген ағынды судың сипаттамалары

Катализатор концентрациясы, г/л Mn4+	Оттегі тұтыну коэффициенті (мгO₂/л)	Сілтілік деңгейі (мг-экв/л),	Жарық өткізгіштік (%)
1	2	3	4
Озонмен өңдеу			
0,001	7379	808	7
0,01	6708	800	7
0,02	6547	792	11
0,04	6413	784	13
0,1	6440	784	19
0,25	6118	784	17
0,5	5849	784	21
1,0	5474	768	25
2,0	5044	768	34
4,0	5071	768	33
8,0	4991	768	34

2-кестенің жалғасы

1	2	3	4
Атмосфералық оттегімен өңдеу			
0,001	7513	808	6
0,01	6923	808	9
0,02	6815	808	9
0,04	6815	808	9

Жарық өткізгіштік 35%-ға жеткен мәндер озон мен катализатор (2, 4, 8 г/л) қолданылғанда байқалды. Ал атмосфералық оттегімен бұл көрсеткіш тек 26% болды ($p \leq 0,05$). Сонымен қатар, озонмен өңдеу кезінде сілтіліктің төмендеуі де айтарлықтай жоғары болды (2-кесте). Бұл өзгерістер катализатор концентрациясы 1-8 г/л аралығында болғанда, алғашқы 30 минут ішінде байқалды. Атмосфералық оттегі үшін тиімді диапазон – 4-8 г/л ($p \leq 0,05$). Хромато-масс-спектрометриялық талдау нәтижесінде сілтіліктің төмендеуі органикалық қышқылдардың түзілуімен байланысты екені анықталды.

Мұнай-газ өнеркәсібі қоршаған ортаға ең көп зиян келтіретін салалардың бірі болып табылады. Бұл салада өндірілетін шикізаттың басым бөлігі көмірсутектерден тұрады [15], ал олар органикалық химия мен энергия үнемдеу технологияларында кеңінен қолданылады. Жыл сайын әлемде шамамен 3,5 миллиард тонна мұнай өндіріледі, оның 1%-ы қоршаған ортаға түссе де, бұл шамамен 35 миллион тоннаны құрайды. Бұған қоса, мұнай құбырларындағы апаттар, танкерлердегі төгілулер мен мұнай өңдеу зауыттарындағы өрттер экологиялық жағдайды одан әрі нашарлатады.

Қазіргі таңда мұнай өнімдерімен ластанған суларды тазартуға арналған физика-химиялық және биологиялық әдістердің түрлері көп. Ең жиі қолданылатын әдістердің бірі – коагуляция. Бұл әдісте алюминий мен темірдің оксигидраттары коагулянт ретінде пайдаланылады [16], сондай-ақ мұнай өңдеу қалдықтары да қолданылады. Коагулянттар мен флокулянттардың қоспалары еріген және ерімейтін көмірсутектерді тиімді бөлуге мүмкіндік береді [17]. Алайда, бұл әдістің кемшілігі – көп мөлшерде тұнба түзілуі, ал біздің әдісте мұндай құбылыс байқалмады. Сонымен қатар, бұл тұнбаны қайта өңдеу үшін ұзақ уақыт кептіру қажет (1,5-2 сағат).

Флотация әдісі ерімейтін көмірсутектердің 45-55%-ын, ал еріген түрлерінің 35-45%-ын жоя алады. Біздің әдіс орташа есеппен 50%-дан жоғары тиімділік көрсетті. Сонымен қатар, флотация кезінде оттегі тұтыну деңгейі 49%-ға дейін төмендесе, біздің әдісте бұл көрсеткіш 40-53% аралығында болды. Қысыммен флотация сияқты жетілдірілген әдістер де қолданылады, бірақ олардың энергия шығыны жоғары, бұл озон өндіруге кететін шығынмен шамалас.

Электрохимиялық әдіс көмірсутектерді анодта тотығу және катодта қалпына келтіру арқылы бөлуге бағытталған. Бұл әдісте алюминий мен темірден жасалған электродтар қолданылады, бірақ оның да энергия шығыны жоғары [18,19].

Соңғы жылдары адсорбция әдісі де кеңінен қолданылуда, оның тиімділігі 55%-ға дейін жетеді. Алайда, әртүрлі ластағыштарға әртүрлі адсорбенттер қажет, ал олардың физика-химиялық қасиеттері де әртүрлі. Біздің әдісте қолданылған марганец диоксиді катализаторы жоғары тиімділік көрсетті және оны кемінде бес рет қайта қолдануға болады, бұл оның экономикалық тиімділігін арттырады.

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері озонды қолдану арқылы ақаба суларды тазарту атмосфералық оттегімен салыстырғанда анағұрлым тиімді екенін көрсетті. Бұл әсіресе көмірсутектердің жоғары концентрациясы бар суларды өңдеу кезінде байқалды. Тотығу процесінің тиімділігін арттыру үшін марганец диоксиді катализаторы қолданылды. Озонмен тазарту кезінде катализатордың тиімді концентрациясы 1-8 г/л аралығында, ал атмосфералық оттегі үшін – 4-8 г/л аралығында болды. Бұл озонды қолданғанда катализатордың шығыны аз болатынын көрсетеді.

Сонымен қатар, озон тек жоғары тазарту тиімділігін ғана емес, сонымен бірге судың жарық өткізгіштігін арттыру және сілтілікті төмендету сияқты қосымша артықшылықтар көрсетті. Марганец диоксиді катализаторы бірнеше рет қолдануға жарамды екені дәлелденді. Екінші циклде 2 г/л концентрациясында озонмен – 37%, ал оттегімен – 32% тазарту деңгейіне қол жеткізілді. Үшінші және төртінші циклдерде оттегі үшін тиімділік айтарлықтай өзгермеді ($p \geq 0,05$), ал озон үшін аздап төмендеді – 34% ($p \leq 0,05$). Бесінші циклде бұл көрсеткіштер озон үшін – 33%, оттегі үшін – 30% болды.

Осы нәтижелерге сүйене отырып, марганец диоксидін катализатор ретінде кемінде бес рет қолдануға болатыны анықталды, себебі оның белсенділігі 1-4% шегінде ғана төмендейді. Алайда, үздіксіз тазарту процесінде катализатордың толық дезактивациясын болдырмау үшін оны жаңартып отыру және пайдаланылған тұнбаны жүйеден шығару қажет.

Ұсынылған технология көмірсутектердің жоғары концентрациясы бар ақаба суларды тазарту үшін тиімді әрі үнемді әдіс ретінде ұсынылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Rahman Hosseinzadeh Selective Oxidation of Hydrocarbons and Alcohols Using Phen-MCM-41 as an Efficient Co-Catalyst in Combination with NHPI-Based Nano-Magnetic Catalyst // Organic Preparations and Procedures International. – 2020. – Vol. 52, No. 2. – P. 99-109.
2. Yuan Sun et al. Oxidative degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in contaminated industrial soil using chlorine dioxide // Chemical Engineering Journal. – 2020. – Vol. 394. – P. 124857.
3. Durmusoglu E. et al. Health risk assessment of BTEX emissions in the landfill environment // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – Vol. 176. – P. 870-877.
4. Tiantian Song et al. Adsorption Behaviors of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Oxygen Derivatives in Wastewater on N-Doped Reduced Graphene Oxide // Separation and Purification Technology. – 2021. – Vol. 254. – P. 117565.
5. Tian X. et al. A comprehensive review on toxic petrochemical wastewater pretreatment and advanced treatment // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 245. – P. 118692.
6. Flores-Chaparro C.E. et al. Pillared graphene oxide composite as an adsorbent of soluble hydrocarbons in water: pH and organic matter effects // Journal of Environmental Management. – 2020. – Vol. 259. – P. 110044.
7. Backvall, J.E. Modern Oxidation Methods. – Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012. – 300 p.
8. Mohammadi L. et al. Petroleum Hydrocarbon Removal from Wastewaters: A Review // Processes. – 2020. – Vol. 8. – P. 1-34.
9. Gkorezis P. et al. The Interaction between Plants and Bacteria in the Remediation of Petroleum Hydrocarbons: An Environmental Perspective // Frontiers in Microbiology. – 2016. – Vol. 7. – P. 1836.

10. Xie H. et al. Catalytic combustion of volatile aromatic compounds over CuO-CeO2 catalyst // Korean Journal of Chemical Engineering. – 2017. – Vol. 34. – P. 1944-1951.
11. Ji H. et al. Degradation of petroleum hydrocarbons in seawater by simulated surface-level atmospheric ozone: Reaction kinetics and effect of oil dispersant // Marine Pollution Bulletin. – 2018. – Vol. 135. – P. 427-440.
12. Najafi A.R. et al. Enhancing biosurfactant production from an indigenous strain of Bacillus mycoides by optimizing the growth conditions using a response surface methodology // Chemical Engineering Journal. – 2010. – Vol. 163. – P. 188-194.
13. Silliman B.R. et al.Degradation and resilience in Louisiana salt marshes after the BP—Deepwater Horizon oil spill // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. – 2012. – Vol. 109. – P. 11234.
14. Ahmed F. et al. A Review on Environmental Contamination of Petroleum Hydrocarbons and its Biodegradation // International Journal of Environmental Science and Natural Resources. – 2018. – Vol. 11. – P. 63-69.
15. Logeshwaran P. et al. Petroleum hydrocarbons (PH) in groundwater aquifers: An overview of environmental fate, toxicity, microbial degradation and risk-based remediation approaches // Environmental Technology & Innovation. – 2018. – Vol. 10. – P. 175-193.
16. Li Y. et al. Temporal and spatial trends of total petroleum hydrocarbons in the seawater of Bohai Bay, China from 1996 to 2005 // Marine Pollution Bulletin. – 2010. – Vol. 60. – P. 238-243.
17. Vilve M. et al. Degradation of 1,2-dichloroethane from wash water of ion-exchange resin using Fenton's oxidation // Environmental Science and Pollution Research. – 2010. – Vol. 17. – P. 875-884.
18. Lu Y. et al. Study on the removal of indoor VOCs using biotechnology // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – Vol. 182. – P. 204-209.
19. Campo R. et al. Petrochemical slop wastewater treatment by means of aerobic granular sludge: Effect of granulation process on bio-adsorption and hydrocarbons removal // Chemical Engineering Journal. – 2019. – Vol. 378. – P. 122247.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған AP26199445 «Суды озондау арқылы өңдеудің интеллектуалды жүйесін әзірлеу» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 02.11.25 түсті, 20.11.25 қабылданды.

Г.Б. Курманбаев[1], Ш.М. Умбетова[2], У. Умбетов[3], Н.С. Кулмурзаев[2], Ж.С. Асанова[2]

[1]Кызылординский открытый университет, Кызылорда, Казахстан
[2]Кызылординский университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан
[3]Университет Болашақ, Кызылорда, Казахстан

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ОЗОНА И АТМОСФЕРНОГО КИСЛОРОДА

Аннотация. В условиях роста загрязнения промышленных сточных вод, особенно нефтепродуктами, поиск эффективных методов их очистки становится актуальной задачей. Основным источником загрязнения являются углеводороды, которые трудно удалить традиционными методами. В данном исследовании предложен метод окисления сточных вод с использованием смеси озона и атмосферного кислорода при различных концентрациях катализатора диоксида марганца. На реальных пробах воды органического синтеза было проведено более 500 экспериментов. Сравнительный анализ показал, что эффективность очистки озоном выше (до 53%), тогда как при обработке кислородом этот показатель составил 41%. Кроме того, озон проявил преимущество в повышении

светопроницаемости. Оптимальная концентрация катализатора MnO_2 для озона составила 1-2 г/л. Предложенный метод является экологически и экономически эффективным, позволяет многократно использовать катализатор и является перспективным для очистки вод с высоким содержанием углеводородов.

Ключевые слова: озонирование воды, сточные воды, атмосфера, очистка воды, загрязнение, концентрация.

G.B. Kurmanbayev[1], Sh.M. Umbetova[2], U. Umbetov[3], N.S. Kulmurzaev[2], Zh.S. Asanova[2]

[1]Kyzylorda Open University, Kyzylorda, Kazakhstan
[2]Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan
[3]Bolashak University, Kyzylorda, Kazakhstan

TREATMENT OF WASTEWATER USING OZONE AND ATMOSPHERIC OXYGEN

Abstract. With the increasing pollution of industrial wastewater, particularly by petroleum products, the search for effective treatment methods has become an urgent task. The main source of contamination is hydrocarbons, which are difficult to remove using traditional methods. This study proposes a wastewater oxidation method using a mixture of ozone and atmospheric oxygen at various concentrations of a manganese dioxide catalyst. More than 500 experiments were conducted on real water samples from an organic synthesis plant. Comparative analysis showed that ozone provided higher purification efficiency (up to 53%), while treatment with oxygen resulted in a 41% efficiency. In addition, ozone demonstrated superiority in improving light transmittance. The optimal concentration of MnO_2 catalyst for ozone was determined to be 1-2 g/L. The proposed method is environmentally and economically efficient, allows for repeated use of the catalyst, and is promising for treating waters with high concentrations of hydrocarbons.

Keywords: water ozonation, wastewater, atmosphere, water treatment, pollution, concentration.

ҒТАМР 61.13.21

А.М. Серикбаева[1] – *негізгі автор*,
К.Р. Токтибаева[2], **Э.Н. Абдулова**[3]

[1,2,3]*Магистр, аға оқытушылар*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0002-8204-7851* [2]*https://orcid.org/0000-0001-6193-944X*
[3]*https://orcid.org/0009-0009-0660-7616*

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

[1]*Ali_2006.82@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/VEIM8755

ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН САЗДЫҢ КӨМЕГІМЕН МЕТИЛЕН КӨГІН АДСОРБЦИЯЛАУ ЖӘНЕ ПЕРОКСИДТІ КАТАЛИТИКАЛЫҚ ТОЛЫҚТЫРУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл жұмыста табиғи каолинитті сазды диметилсульфоксид (ДМСО) және триэтаноламин (ТЕАО) арқылы түрлендіру нәтижесінде алынған материалдардың метилен көгін адсорбциялау және каталитикалық ылғалды пероксидті тотығу (CWPO) үдерісіндегі тиімділігі зерттелді. Зерттеудің мақсаты – табиғи саз негізінде арзан әрі жоғары белсенді катализатор алу. Табиғи Шымкент сазы екі сатылы интеркаляция әдісімен модификацияланды. Бастапқы және түрлендірілген саздардың құрылымдық-фазалық құрамы рентгендік дифракциялық талдау (XRD) арқылы анықталды. Каталитикалық белсенділік метилен көгінің бастапқы концентрациясы 50 мг/л, pH = 3, температура 50°C және сутек асқын тотығының қатысуымен бағаланды. Нәтижелер ТЕАО-мен модификацияланған саздардың жоғары каталитикалық белсенділік көрсететінін дәлелдеді. Шымкент-ТЕАО катализаторы 8 сағат ішінде метилен көгінің толық жойылуын қамтамасыз етті. Белсенділіктің артуы саз бетінде функционалдық топтардың көбеюімен және кеуектік құрылымның жақсаруымен түсіндіріледі. Алынған материалдар бояғыштармен ластанған ағын суларды тазарту үшін перспективалы катализатор болып табылады.

Тірек сөздер: каолинит, интеркалирленген егу, диметилсульфоксид, ДМСО, табиғи саз, түрлендірілген саз, триэтаноламин, ТЕАО.

Серикбаева, А.М. Түрлендірілген саздың көмегімен метилен көгін адсорбциялау және пероксидті каталитикалық толықтыру үрдісін зерттеу [Мәтін] / А.М. Серикбаева, К.Р. Токтибаева, Э.Н. Абдулова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.311-318. https://doi.org/10.55956/VEIM8755

Кіріспе. Сұйық ортаны тазарту үшін адсорбенттер ретінде сазды минералдар, атап айтқанда каолиниттер кеңінен қолданылады. Каолинит табиғи саз минералы, гидроалюмосиликат, қабатты, кеуекті құрылымға ие және суда ісіну қасиетіне ие [1]. КСРО кезеңінде каолиниттің бірқатар ірі кен орындары игерілді, атап айтқанда Черкасс облысындағы, Кавказдағы және Қазақстандағы кен орындары. Сонымен қатар Қазақстан аумағындағы отандық каолинит кен

орындарын зерттеу мен игеру жұмыстары басталды. Каолиниттің негізі монтмориллонит болып табылады, ол модификациядан кейін тамақ, фармакологиялық, косметикалық, мұнай-газ және құрылыс салаларында қолданылады [2]. Жұмыста [3] бояғыштарға қатысты саздардың сорбциялық қасиеттері зерттелген (метилен көк және конго қызыл).

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, әр түрлі кен орындарындағы Донбасс саздарының барлық үлгілерінде сорбциялық сыйымдылық мөлшері белсенді көмірдің 50-60% құрайды. [4,5] еңбектерінде ағынды суларды органикалық қоспалардан өнеркәсіптік тазарту үшін табиғи саздарды қолдану қарастырылған. Жұмыста гидрофобталған және модификацияланған каолиниттер де қарастырылған [6]. Каолинит бетінің гидрофобизациясын жүргізу үшін әртүрлі химиялық заттарды қолдануға болады, мысалы: беттік белсенді заттар (беттік белсенді заттар), көміртекті қосылыстар, тақтатастар, аминдер, карбамид, аммоний қосылыстары және т.б. [7]. Барлық қиындық модификацияның көп сатылы болуында және модификациялаушы заттардың концентрациясы әдетте өте аз. Бірінші кезеңде сазды материалдың кеуекті құрылымынан су молекулаларының десорбциясына қол жеткізу үшін каолинитті кептіру және вакуумдық өңдеу жүзеге асырылады. Алынған сорбциялық материалды Ағынды суларды органикалық қоспалардан тазарту үшін пайдалануға болады. Өкінішке орай, металдармен модификацияланған ұқсас түйіршікті адсорбенттердің елеулі кемшілігі бар: олардың механикалық беріктігі аз, сондықтан жұмыс кезінде тозу кезінде жойылу қаупі жоғары. Сонымен қатар, тазарту процесінің жылдамдығы аз, сондықтан сұйықтық ағынының салыстырмалы түрде төмен жылдамдығында үлкен көлемде жұмыс істеу керек [8]. Осылайша, көрсетілген ақпарат табиғи саздарды, атап айтқанда, әртүрлі заттарды тазарту үшін адсорбенттер мен ион алмастырғыштар, ағынды сулардағы органикалық заттардың тотығу ыдырау катализаторлары және т.б. ретінде пайдаланудың кең ауқымын анықтауға мүмкіндік береді.

Зерттеудің мақсаты – табиғи саздың сорбциялық және каталитикалық қасиеттерін арттыратын тиімді әрі қолжетімді катализатор алу.

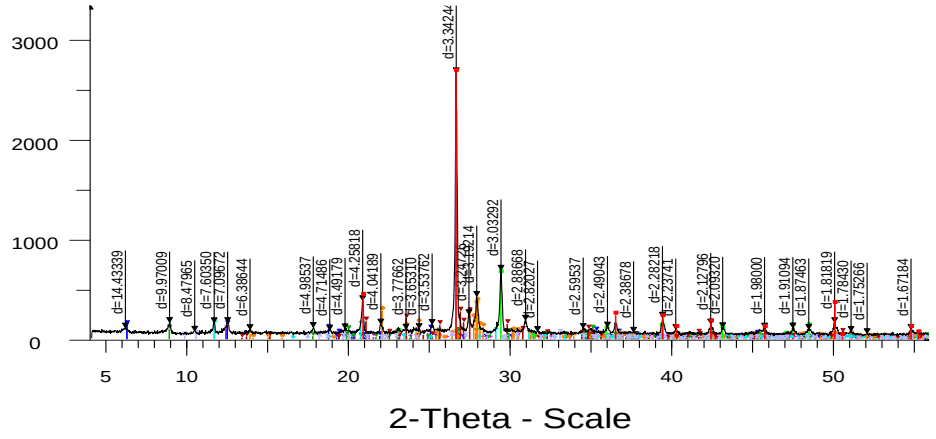
Зерттеу шарттары мен әдістері. Табиғи Шымкент сазы, диметилсульфоксид (DMSO, C_2H_6OS), триэтаноламин ($C_6H_{15}NO_3$), тазартылған су (H_2O), 1,4-диоксин ($C_4H_4O_2$), изопропанол (C_3H_8O) пайдаланылды.

Бірінші кезеңде табиғи саз алдымен диірменде ұнтаққа айналдырылып, қалыңдығы 0,063 мм електен өткізілді. Табиғи сазды өзгерту үшін алдымен 6 г саз 6 литр суға суспензияланды (жуылды), содан кейін құрамына 30 мл ДМСО және 2,5 мл H_2O қосылды. Суспензия магнитті араластыру кезінде 80°С температурада 5 күн ұсталды және бөлме температурасында тағы 2,5 күнге қалдырылды. Алынған материал центрифугалаудың екі сериясынан кейін алдымен диоксан (2×25 мл), кейін изопропанол (2×25 мл) көмегімен алынды. Өнім 50°С температурада 24 сағат бойы кептірілді. Нәтижесінде модификацияланған К-ДМСО саздары (К – каолинит таңдалған сазды

білдіреді) алынды: Шымкент-ДМСО, Павлодар-ДМСО, Ақжар-ДМСО және Ақтөбе-ДМСО.

Екінші кезеңде 6 г (триэтаноламин) ТЕОА-ға 1 г К-ДМСО қосылды және 180°С температурада 2 сағат бойы араластырылды, содан кейін изопропанолмен (3×50 мл) жуылды. Алынған материал 50°С температурада 24 сағат бойы кептірілді, нәтижесінде К-ТЕАО: Шымкент-ТЕАО, Павлодар-ТЕАО, Ақжар-ТЕАО және Ақтөбе-ТЕАО материалдары алынды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Шымкенттен табиғи саздағы алюминий оксидінің кристалдық фазаларының сандық қатынасы 1-суретте көрсетілген, ал олардың талдау нәтижелері 1-кестеде берілген.



Сурет 1. Шымкент табиғи сазының рентгендік дифракциялық спектрлері

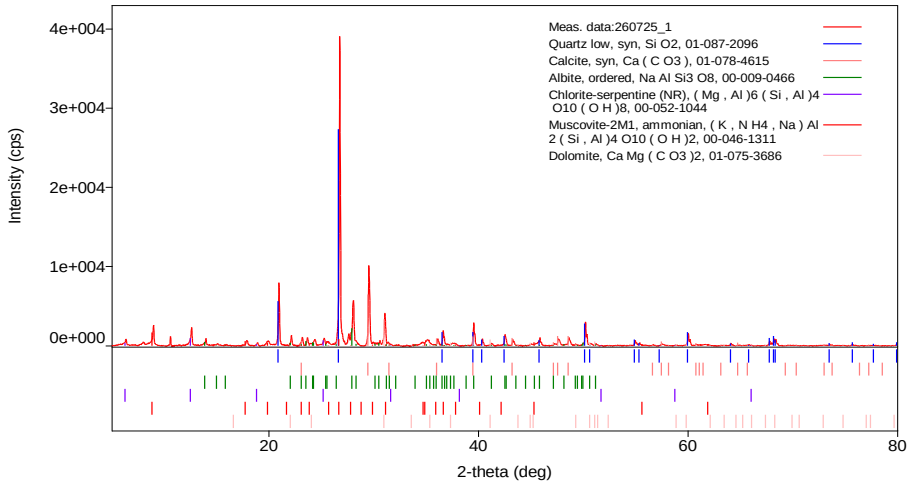
Кесте 1

Жартылай сандық рентгендік фазалық талдау нәтижелері

Минералдар	Формуласы	Шоғырлану (концентрациясы), %		
		Шымкент табиғи саз	Шымкент ДМСО саз	Шымкент ТЕАО саз
Кварц	SiO_2	54,2%	52	50
Каолинит	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	10,6%	7,3	7,0
Хлорит	$(Mg,Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$	3,6%	3,3	3,4
Слюда	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	2,5%	1,4	1,5
Альбит	$Na(AlSi_3O_8)$	4,8%	4,5	4,3
Кальцит	$Ca(CO_3)$	13,3%	10,0	9,8
Алюминий Калий Трисиликаты (Ортоклаза)	$KalSi_3O_8$	4,0%	3,2	3,0
Гипс	$Ca(SO_4)(H_2O)_2$	3,1%	4,4	3,2
Тремолит	$(Ca, Na, Fe)_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$	3,8%	2,3	1,8
Титан (IV) оксиді	TiO_2	-		
Анатаза	$Ti_{0.784}O_2$	-		
Титан Силикаты	TiO_2-SiO_2	-		
Стронций бис	$C_4H_2N_8O_6Sr*6H_20$			6,2
Диметилаллил (n-октил) силан	$C_{13}H_{28}Si$			5,2
Мусковит-2М1, аммонилі	$(K, NH_4, Na)Al_2(Si,Al)_{10}(OH)_2$		4,2	
Доломит	$CaMg(CO_3)_2$		8,3	4,6

Талдау нәтижелері Шымкент сазы негізінен каолинит (54,2% $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$, кварц және кальцит), аз мөлшерде хлорит (3,6% $(Mg, Fe)_5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$) және мусковит қоспасынан (2,5%) тұратын қабатты силикаттардан тұратынын көрсетті $KAl_2(AlSi_3O_{10})$ $(OH)_2$), альбит(4,8% Na(AlSi3O8)), 3,1% $Ca(SO_4)$ $(H_2O)_2$, 4% $KAlSi_3O_8$ және тремолит $(Ca,Na, Fe)_2$ Mg_5, Si_8O_{22} $(OH)_2$. Басқа қоспалар аз концентрацияда болуы мүмкін, бірақ шағылысудың төмен қарқындылығына немесе нашар кристалдануына байланысты нақты анықталмаған.

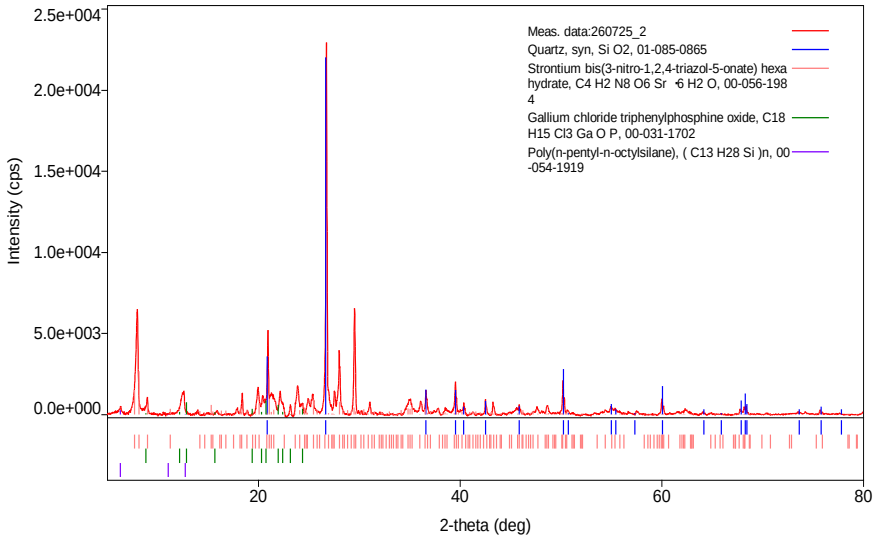
ДМСО пен модификацияланған саз (ДМСО Шымкент сазы). ДМСО өңдеуден кейін келесі өзгерістер байқалады: каолинит (10,6%-дан 7,3%-ға дейін), кальцит, тремолит және ортоклаздың төмендеуі – бұл фазалардың ішінара еруін немесе ауыстырылуын көрсетеді. Аммонийлі (4,2%) мусковит-2M1 пайда болуы мүмкіндігі, аммоний ортадан саз құрылымына енгізіледі, бұл ион алмасуын және қабатты құрылымдардың модификациясын көрсетеді. Доломит анықталды $(CaMg(CO_3)_2)$ – магний компоненттерімен мүмкін болатын химиялық әрекеттесуді көрсетеді. Тремолиттің азаюы оның ДМСО әсерінен жойылуын көрсетуі мүмкін. Осылайша, ДМСО модификациясы құрамында аммоний бар жаңа алюмосиликаттар түзу үшін саз құрылымында ішінара ыдырауға және ион алмасуға әкелді. Шымкент ДМСО сазының рентгендік дифракциялық спектрлері 2-суретте көрсетілген.



Сурет 2. Шымкент ДМСО сазының рентгендік дифракциялық спектрлері

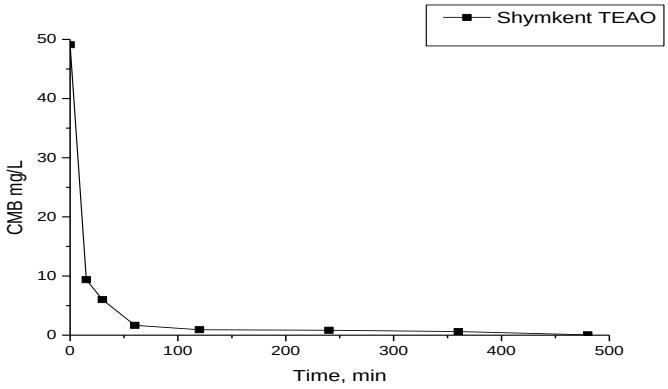
Триэтаноламиннің модификациясы айқын өзгерістерге әкеледі: кварц, каолинит, кальцит және басқа да негізгі фазалардың мөлшері аздап төмендейді, бұл минералды беттерді жабуды немесе ауыстыруды көрсетеді. Органикалық заттар пайда болады: стронций-бис $(C_4H_2N_8O_6Sr•6H_2O)$ – 8.2%, Поли $(C_2H_{28}Si)$ – 7.1%, бұл компоненттер TEAO-ның саз құрылымындағы иондармен өзара әрекеттесуі мүмкін, комплекс түзілу нәтижесінде пайда болады. Тремолит пен ортоклаздың төмендеуі байқалады, бұл өңдеу процесінде силикат фазаларының еруін көрсетуі мүмкін. Осылайша, TEAO модификациясы мыналарға әкеледі: сазды органикалық заттармен қанықтыру (Sr- және Si-органикалық қосылыстарды енгізу), табиғи силикаттардың үлесінің төмендеуі және адсорбция мен катализ үшін маңызды саз бетіндегі

функционалдық топтардың ықтимал өсуі. Шымкент ТЕАО сазының рентгендік дифракциялық спектрлері 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3. Шымкент ТЕАО сазының рентгендік дифракциясының спектрлері

Бұл жұмыста ТЭАО көмегімен модификацияланған табиғи саз негізінде органикалық ластағыштары бар ағын суларды тазартуға арналған, жоғары каталитикалық белсенділігі бар катализатор алу әдісі әзірленді. Эксперименттер метилен көгінің концентрациясы 50 мг/л, орташа pH – 3, және әрбір ерітіндіге 1,36 г/л (68%) сутек асқын тотығы (H_2O_2) және 2,5 г/л саз үлгісі концентрациясында жүргізілді. 4-суретте ТЭАО-модификацияланған сазбен алынған метилен көгінің тотығу дәрежесі көрсетілген.



Сурет 4. 8 сағаттық реакциядан кейін cwpo көмегімен метилен көк ластаушы заттарды жою Шымкент ТЭАО сазымен. Пайдалану шарттары: [МК] = 50 мг/л, [H2O2] = 1,.36 г/л, [Cat] = 0,125 г/л, тұрақты pH = 3 және T = 50°C

Әртүрлі өңірлерден алынған ТЭАО-модификацияланған саздың (Шымкент,) метилен көгін (МК) каталитикалық ылғалды пероксидті тотығу (CWPO) әдісімен жоюдағы каталитикалық белсенділігі зерттелді. Реакция бірдей жағдайларда жүргізілді: бастапқы МК концентрациясы – 50 мг/л,

сутек асқын тотығы (H_2O_2) – 1,36 г/л, катализатор мөлшері – 0,125 г/л, pH – 3,0 және температура – 50°C. Реакция уақыты 8 сағатқа белгіленді.

Осы жағдайларда ТЭАО-модификацияланған барлық саздар жоғары каталитикалық белсенділік көрсетті. Шымкент–ТЭАО катализаторы МК-нің толық жойылуын қамтамасыз етсе, бұл нәтижелер табиғи саздардың беткі қабатын ТЭАО арқылы модификациялау CWPO процесінде каталитикалық белсенділікті арттыруға мүмкіндік беретінін дәлелдейді. Мұндай жақсарған белсенділік ТЭАО интеркаляциясынан кейінгі беттік функционалды топтар санының артуымен және кеуектерге қолжетімділіктің жақсаруымен түсіндіріледі, бұл өз кезегінде H_2O_2-нің ыдырауы арқылы белсенді оттегі бөлшектерінің түзілуін арттырады.

Бұл ТЭАО-модификацияланған саздардың бояғышпен ластанған ағын суларды тазартуға арналған тиімді әрі арзанырақ катализатор ретінде жоғары әлеуетке ие екенін көрсетеді.

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері ТЕАО көмегімен модификацияланған табиғи саздардың метилен көгін адсорбциялау және пероксидтің қатысуымен тотықтыру үдересінде жоғары каталитикалық белсенділік көрсететін дәлелдеді. ТЕАО мен түрлендірілген саздың органикалық ластағыштарды ыдыратуда тиімді, экологиялық қауіпсіз әрі қолжетімді катализатор бола алатындығын көрсетті. Бұл ктализатордың ағынды суларды тазартуда қоолданылуы жоғары тиімділікті қамтамасыз ететіндігі анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Хаханов, Г.Ж. Ағынды суларды тазалау әдістері [Мәтін] / Г.Ж. Хаханов. – 2021. – 47 б.
2. Үмбетова, Ш.М. Ластанған ағынды суларды тазарту [Мәтін]: оқу құралы / Ш.М. Үмбетова, Б.Р. Шаянбекова, Ә.Б. Шолақ. – Қызылорда: Қызылорда университетінің баспасы, 2022.
3. Hiscock K.M., Lloyd J.W., Lerner D.N. Review of natural and artificial denitrification of groundwater // Water Res. – 1991. – Vol. 25. – P. 1099-1111.
4. Joekar-Niasar V., Ataie-Ashtiani B. Assessment of nitrate contamination in unsaturated zone of urban areas: the case study of Tehran // Iran Environ Geol. – 2009. – Vol. 57. – P. 1785-1798.
5. U.S. Environmental Protection Agency. Drinking water standards and health advisories. – Office of Water, 822-B00-001, 2000.
6. Gammoudi S., Frini-Srasra N., Srasra E. Nitrate sorption by organosmectites // Eng. Geol. – 2012. – Vol. 124. – P. 119-129.
7. Hernández-Montoya V., Pérez-Cruz M.A., Mendoza-Castillo D.I., Moreno-Virgen M.R., Bonilla-Petriciolet A. Competitive adsorption of dyes and heavy metals on zeolitic structures // J. Environ. Manage. – 2013. – Vol. 116. – P. 213-221.
8. Parolo M.E., Avena M.J., Pettinari G.R., Zajonkovsky I., Valles J.M., Baschini M.T. Antimicrobial properties of tetracycline and minocycline-montmorillonites // Appl. Clay Sci. – 2010. – Vol. 49. – P. 194-199.

Материал редакцияға 03.12.25 түсті, 25.12.25 қабылданды.

А.М. Серикбаева[1], К. Р. Токтыбаева[1], Е.Н. Абдулова[1]

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ГЛИНЫ И КАТАЛИТИЧЕСКОГО ВОСПОЛНЕНИЯ ПЕРОКСИДА

Аннотация. В данной работе исследована возможность применения природной каолинитовой глины, модифицированной диметилсульфоксидом (ДМСО) и триэтаноламином (ТЭАО), для адсорбции метиленового синего и его удаления в процессе каталитического влажного пероксидного окисления (CWPO). Целью исследования является получение эффективного и доступного катализатора на основе природной глины. Природная глина месторождения Шымкент была модифицирована двухстадийным методом интеркаляции. Структурно-фазовый состав исходных и модифицированных образцов изучен методом рентгенодифракционного анализа (XRD). Каталитическая активность оценивалась при начальной концентрации метиленового синего 50 мг/л, pH = 3, температуре 50°C и в присутствии пероксида водорода. Результаты показали, что глины, модифицированные ТЭАО, обладают высокой каталитической активностью. Катализатор Шымкент-ТЭАО обеспечил полное удаление метиленового синего в течение 8 часов. Повышение активности связано с увеличением числа функциональных групп на поверхности глины и улучшением доступности пор. Полученные материалы являются перспективными и экологически безопасными катализаторами для очистки сточных вод от красителей.

Ключевые слова: каолинит, интеркалированный посев, диметилсульфоксид, ДМСО, триэтаноламин, ТЕАО, модифицированная глина.

A.M. Serikbayeva[1], K.R. Toktybayeva[1], E.N. Abdulova[1]

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

INVESTIGATION OF THE ADSORPTION OF METHYLENE BLUE USING MODIFIED CLAY AND CATALYTIC REPLENISHMENT OF PEROXIDE

Abstract. In this study, natural kaolinite clay modified with dimethyl sulfoxide (DMSO) and triethanolamine (TEOA) was investigated for methylene blue adsorption and its removal via the catalytic wet peroxide oxidation (CWPO) process. The aim of the work was to develop an efficient and low-cost catalyst based on natural clay materials. Natural clay from the Shymkent deposit was modified using a two-step intercalation method. The structural and phase compositions of the raw and modified clays were characterized by X-ray diffraction (XRD). The catalytic performance was evaluated at an initial methylene blue concentration of 50 mg/L, pH = 3, temperature of 50°C, and in the presence of hydrogen peroxide. The results demonstrated that TEOA-modified clays exhibit significantly enhanced catalytic activity. The Shymkent-TEOA catalyst achieved complete degradation of methylene blue within 8 hours. This improvement is attributed to the increased number of surface functional groups and enhanced pore accessibility after TEOA intercalation, which promotes the generation of reactive oxygen species from hydrogen peroxide. The obtained materials show great potential as efficient, environmentally friendly, and cost-effective catalysts for wastewater treatment contaminated with dyes.

Keywords: kaolinite, intercalated seeding, dimethyl sulfoxide, DMSO, triethanolamine, TEAO, modified clay.

References

1. Khakhanov G.Zh. Agyndy suardy tazalau adisteri [Methods of wastewater treatment]. – 2021. – 47 p. [in Kazakh].
2. Umbetova Sh.M., Shayanbekova B.R., Sholak A.B.Lastanğan agyndy suardy tazartu [Treatment of contaminated wastewater]: textbook. – Kyzylorda: Kyzylorda University Press, 2022. [in Kazakh].
3. Hiscock K.M., Lloyd J.W., Lerner D.N. Review of natural and artificial denitrification of groundwater // Water Res. – 1991. – Vol. 25. – P. 1099-1111.
4. Joekar-Niasar V., Ataie-Ashtiani B. Assessment of nitrate contamination in unsaturated zone of urban areas: the case study of Tehran // Iran Environ Geol. – 2009. – Vol. 57. – P. 1785-1798.
5. U.S. Environmental Protection Agency. Drinking water standards and health advisories. – Office of Water, 822-B00-001, 2000.
6. Gammoudi S., Frini-Srasra N., Srasra E. Nitrate sorption by organosmectites // Eng. Geol. – 2012. – Vol. 124. – P. 119-129.
7. Hernández-Montoya V., Pérez-Cruz M.A., Mendoza-Castillo D.I., Moreno-Virgen M.R., Bonilla-Petriciolet A. Competitive adsorption of dyes and heavy metals on zeolitic structures // J. Environ. Manage. – 2013. – Vol. 116. – P. 213-221.
8. Parolo M.E., Avena M.J., Pettinari G.R., Zajonkovsky I., Valles J.M., Baschini M.T. Antimicrobial properties of tetracycline and minocycline-montmorillonites // Appl. Clay Sci. – 2010. – Vol. 49. – P. 194-199.

ҒТАМР 61.33.29

А.П. Ауешов[1] – *негізгі автор*, ©
Ч.З. Ескибаева[2], А.К. Диканбаева[3], А.М. Ибраева[4], К.Б. Алжанов[5]

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

ORCİD *[1]https://orcid.org/0000-0002-3504-9117 [2]https://orcid.org/0009-0009-8440-1242 [3]https://orcid.org/0000-0003-4982-1566 [4]https://orcid.org/0000-0003-0981-0117 [5]https://orcid.org/0000-0002-5221-8285*

[1,2,3,4,5]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан

[1]centersapa@mail.ru

https://doi.org/10.55956/KTTB2147

ӨНЕРКӘСІПТІК СЕРПЕНТИНИТ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН МАГНИЙ НИТРАТЫ МЕН СУЛЬФАТЫН АЛУ

Аңдатпа. Топырақтың тозуы мен макро- және микроэлементтердің жетіспеушілігі жағдайында магний, азот және күкірт негізіндегі тыңайтқыштардың жергілікті өндірісін дамыту Қазақстанның аграрлық секторы үшін стратегиялық маңызды болып табылады. Мақалада Костанай облысындағы Жітіқара кен орнынан алынатын хризотилді шикізатты өңдеу барысында түзілетін серпентиниттік қалдықтарды магнийлі тыңайтқыштар өндірісіне жарамды минералдық шикізат көзі ретінде пайдалану мүмкіндігі қарастырылады. Бұл тыңайтқыштар азот және күкірт компоненттерімен интеграцияланған магний селитрасы мен эпсомит өнімдерін қамтиды. Магний селитрасы мен эпсомитті алудың жаңа технологиялық схемалары мен тәсілдері $Mg(NO_3)_2$ және $MgSO_4$ өнімді ерітінділерді қышқылдық шаймалау мен алуды бейтараптандыру және тазарту сатыларын қамтиды. Алынған өнімдердің сапалық көрсеткіштері келтірілген. Серпентиниттік қалдықтан магнийді, магний селитрасы және эпсомит түрлерінде алу бойынша ұсынылған технологиялық шешімдер хризотилді шикізат қалдықтарын қайта өңдеудің экологиялық, агрохимиялық және экономикалық аспектілерін қамтитын жаңа ғылыми бағыттардың қалыптасуына ықпал ете алатындығын көрсетті.

Тірек сөздер: серпентинит қалдықтары, магний тыңайтқыштары, магний нитраты, эпсомит, Жітіқара кен орны.

Ауешов, А.П. Өнеркәсіптік серпентинит қалдықтарынан магний нитраты мен сульфатын алу [Мәтін] / А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева, А.М. Ибраева, К.Б. Алжанов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.319-327. https://doi.org/10.55956/KTTB2147

Кіріспе. Қазақстан экономикасының стратегиялық маңызы бар салаларының бірі – ауыл шаруашылығы. Соңғы жылдары топырақ құнарлылығының төмендеуі, макро- және микроэлементтердің, соның ішінде магнийдің тапшылығы байқалуда. Бұл факторлар ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігі мен сапасына теріс әсер етеді.

Дүниежүзінің көптеген елдерінде магний құрамдас тыңайтқыштар кеңінен қолданылады [1-3]. Магний хлорофилл синтезінде негізгі рөл атқарады [4,5], ал азот пен күкірт аминқышқылдары [6,7] мен ақуыздардың түзілуіне қатысады. Mg, N және S элементтерімен байытылған кешенді тыңайтқыштар өсімдіктердің қоректік заттарды сіңіруін жақсартып, фотосинтез процесін белсендіреді және олардың қолайсыз орта жағдайларына төзімділігін арттырады.

Rabobank мәліметтері бойынша [8], 2025 жылы әлемдік тыңайтқыш бағаларының өсуі күтіледі, бұл ауыл шаруашылығы өндірушілері үшін тыңайтқыштардың қолжетімділігін төмендетіп, фермерлердің сатып алу қабілетінің әлсіреуіне әкелуі мүмкін.

Қазақстандағы азотты тыңайтқыштар нарығы тұрақты даму үрдісімен және импортты алмастыру бағытымен сипатталады. Ел ішінде өндіріс көлемінің біртіндеп артуы байқалады. Негізгі өндіріс өңірлері ретінде Оңтүстік Қазақстан, Шығыс Қазақстан және Қарағанды облыстары айқындалады. Азотты тыңайтқыштар импортының көлемі әлі де айтарлықтай жоғары деңгейде қалып отырғанымен, отандық өндірісті дамытуға бағытталған шаралар сыртқы тәуелділікті азайтуда. 2025 жылы азотты тыңайтқыштардың орташа бағасы өнімнің түріне және өндіріс орналасқан өңіріне байланысты өзгеріп отырады және алдыңғы жылдармен салыстырғанда бірқалыпты өсу үрдісін көрсетуі мүмкін.

Күкірт құрамдас тыңайтқыштар туралы нақты деректер шектеулі болғанымен, топырақтағы күкірт тапшылығын өтеу қажеттілігіне байланысты олардың маңызы артып келеді. Ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін арттыру мақсатында өндірушілер күкірт құрамдас кешенді тыңайтқыштарды әзірлеуге ерекше назар аударуда [9].

Магнийлі тыңайтқыштар ауыл шаруашылығында маңызды рөл атқарады, әсіресе топырақта магний тапшылығы байқалатын жағдайларда. Қазақстанда мұндай тыңайтқыштарға қызығушылықтың артуы ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін және сапасын арттыруға деген ұмтылыспен түсіндіріледі. Магнийлі тыңайтқыштардың негізгі түрлері – магний сульфаты мен доломит ұны; олар негізінен топырақтағы магний және күкірт тапшылығын жою, қышқыл топырақтарды әктеу және оларды магниймен байыту үшін қолданылады. Осыған байланысты ауыл шаруашылығын интенсивтендіру және агроэкожүйелердің тұрақтылығын арттыру қажеттілігі әлемдік деңгейде магнийлі тыңайтқыштарға сұраныстың өсуіне әсер етуде. Бұл үрдіс Қазақстан ауыл шаруашылығы үшін де барған сайын өзекті болып отыр.

Қазақстанда магнийлі тыңайтқыштар өндірісі шектеулі. Қажеттіліктің негізгі бөлігі импорт есебінен қамтамасыз етіледі, бұл сыртқы жеткізілімдерге тәуелділікті арттырып, әлемдік нарықтағы баға құбылмалылығына бейім етеді. Отандық магнийлі тыңайтқыштар өндірісін дамыту импортқа тәуелділікті төмендетуге және ауыл шаруашылығы тауар өндірушілерін тұрақты жеткізілімдермен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Заманауи технологияларды енгізу және қолда бар табиғи ресурстарды тиімді пайдалану, магнийге бай минералдар мен тау-кен өнеркәсібінің техногендік қалдықтарын қайта өңдеу технологиялары және агрохимия саласындағы ғылыми зерттеулерді қолдау Қазақстанда магнийлі тыңайтқыштар өндірісін дамытуға ықпал етеді.

Отандық өндірісті кеңейту, инновациялық технологияларды енгізу және мемлекеттік қолдаудың болуы магнийлі тыңайтқыштар өндірісінің тау-

кен-химия өнеркәсібі сегментінің орнықты дамуына жағдай жасайды. Стратегиялық тұрғыдан алғанда, магний мөлшері жоғары (20-25% Mg) серпентинит кендері мен қалдықтарын кешенді қайта өңдеу бағытында ауқымды ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-өндірістік жұмыстар жүргізу талап етіледі. Мұндай тәсіл өсімдіктерге қажетті S, N және Si элементтерімен үйлестірілген магний тыңайтқыштарының жаңа перспективалы түрлерін алуға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты, бұл жұмыстың мақсаты – Жітіқара кен орнындағы хризотил шикізатын өңдеу барысында түзілетін серпентинит қалдықтарын пайдалану арқылы эпсомит ($MgSO_4$) және магний селитрасын [$Mg(NO_3)_2$] алу мүмкіндігін зерттеу, сондай-ақ алынған өнімдердің тазалық деңгейінің сапалық көрсеткіштерін анықтау.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеуде серпентиниттік шикізат ретінде Жітіқара кен орнындағы (Қостанай облысы, Жітіқара қаласы) хризотилді шикізатты өңдеу барысында түзілетін техногендік серпентинит қалдықтары пайдаланылды. Олардың химиялық құрамы, масс.%: MgO – 34,0-40,0; Fe/FeO – 4,2-5,8; MnO – 0,14-0,36; Cr_2O_3 – 0,28-0,45; NiO – 0,19-0,43; CaO – 0,8-1,7; Al_2O_3 – 0,7-0,9; SiO_2 – 43,18-44,0. Азот және күкірт қышқылдарымен қышқылдық өңдеу арқылы магний нитратын және магний сульфатын алуға болады. Техногендік қалдықтарды пайдалану ресурстарды үнемдеуге, сондай-ақ экономикалық және экологиялық тиімділікті арттыруға ықпал етеді.

$Mg(NO_3)_2$ және $MgSO_4$ алу келесі әдістеме бойынша жүргізілді: екі жағдайда да пирекс колбасынан жасалған реактор пайдаланылды; ол термометрмен, кері тоңазытқышпен, термостатпен, үлгі алғыш құрылғымен және пропеллерлі араластырғышпен жабдықталды. Шаймалау ерітінділері талдамалық дәрежедегі тазалықтағы реагенттер – HNO_3 (х.т.) және H_2SO_4 (х.т.) негізінде дайындалды.

HNO_3-пен өңдеу. Серпентинит қалдығы суда суспензияланып, 10 минут бойы араластырылды (С/Қ=1:1). Шаймалау процесі үшін 13,5 М концентрациядағы HNO_3 ерітіндісі суспензияға 10-15 минут ішінде үздіксіз араластыру арқылы енгізілді. Суспензиядағы HNO_3 концентрациясы 31,9% құрады, С/Қ=3,2. Қышқылды қосқан кезде суспензия температурасы 90-95°С-қа дейін көтерілді және 60 минут бойы осы температурада ұсталды. Шаймалау аяқталғаннан кейін суспензия pH=8,2-8,3 мәніне жеткенше 750°С-та термиялық өңделген серпентинитпен (ТА-750) 1 сағат бойы бейтараптандырылды. Одан кейін суспензия бөлме температурасына дейін (22-25°С) салқындатылып, сүзілді. Алынған фильтрат су моншасында буландырылып, 100-105°С-та кептірілді, нәтижесінде магний нитратының құрғақ кристалды формасы алынды.

H_2SO_4-пен өңдеу. Серпентинит қалдығын күкірт қышқылымен шаймалау процесі азот қышқылымен өңдеу әдісіне ұқсас орындалды. Алдымен серпентинит суспензиясы дайындалды (С/Қ=2,8). Оған 17,09 М концентрациядағы H_2SO_4 ерітіндісі 10-15 минут ішінде үздіксіз араластыру арқылы қосылды. Нәтижесінде суспензиядағы қышқыл концентрациясы 24,87% болды (С/Қ=2,12). Қышқыл енгізілгеннен кейін 2-3 минут ішінде жүйе температурасы 95-100°С-қа дейін көтерілді. Процесс 30 минут бойы тұрақты араластыру жағдайында жүргізілді. Шаймалау аяқталған соң суспензия pH=8,2-8,3 мәніне жеткенше 750°С-та термиялық өңделген серпентинит реагентімен (ТА-750) бейтараптандырылды. Пайда болған

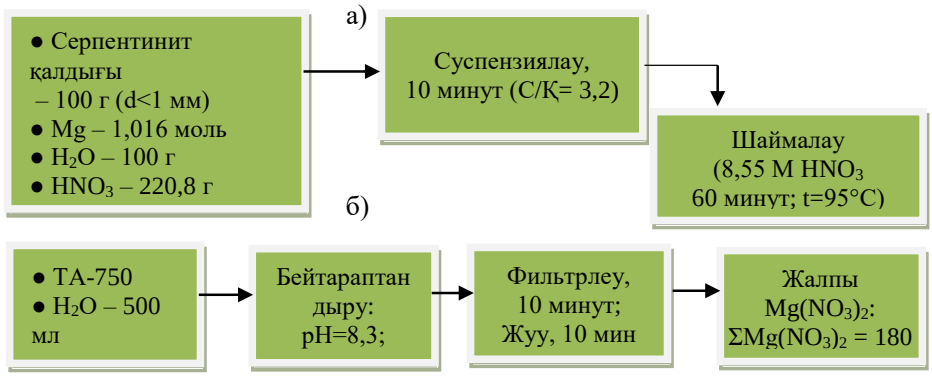
ерітінді сүзілді, кейін фильтрат буландырылып, 100-105°С температурада кептірілді. Нәтижесінде қатты күйдегі $MgSO_4$ алынды.

Барлық қажетті химиялық талдаулар JSM-6490LV (JEOL, Жапония) сканерлеуші электрондық микроскопында INCA Energy 350 энергия-дисперсиялық микроанализ жүйесін қолдану арқылы жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Алдын ала бағалау нәтижелері бойынша, серпентинит қалдықтарын қайта өңдеу арқылы эпсомит пен магний селитрасын алу технологиясы ресурс үнемдеу және экономикалық тиімділік тұрғысынан елеулі артықшылықтарға ие екені анықталды [10-12]. Оларға шикізаттың қолжетімділігі, импортты алмастыру әлеуеті және агротехникалық тиімділік жатады. Сонымен қатар, шектеуші факторлар ретінде инвестициялық ресурстарға қажеттілік пен ғылыми-технологиялық шешімдердің жеткіліксіздігі айқындалды. Импорттық магний тыңайтқыштарының бағасы 400-700 $/т деңгейінде [13,14], ал отандық өндіріс жағдайында өнімнің өзіндік құнын 20-30% төмендету мүмкіндігі бар. Серпентинит қалдықтары негізінде эпсомит пен магний селитрасын өндіру қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайтып, жаңа жұмыс орындарын құруға ықпал етеді [15]. Топырақ құрылымы мен құрамын жақсарту арқылы агроэкожүйелердің ұзақ мерзімді өнімділігін арттыруға болады. Жергілікті шикізатты пайдалану және тұрақты технологияларды енгізу мемлекеттік қолдауды [16,17] және ғылыми сүйемелдеуді талап етеді.

Осы деректер негізінде зертханалық зерттеулер жоғарыда сипатталған әдістемелерге сәйкес жүргізілді.

1-суретте магний селитрасын [$Mg(NO_3)_2$] алу сызбасы көрсетілген, ол шаймалау, бейтараптандыру және өнім ерітіндісін тазалау сатыларын қамтиды. 1-кестеде ТА-750 қолдану арқылы алынған $Mg(NO_3)_2$ үлгісінің элементтік құрамын талдау нәтижелері келтірілген.



Сурет 1. Магний нитратын алу процесінің шарттары мен сандық көрсеткіштері: а) серпентинит қалдықтарынан Mg^{2+} иондарын азот қышқылымен шаймалау сатысы; б) ТА-750 реагентін қолдана отырып $Mg(NO_3)_2$ өнім ерітіндісін бейтараптандыру және тазалау сатысы

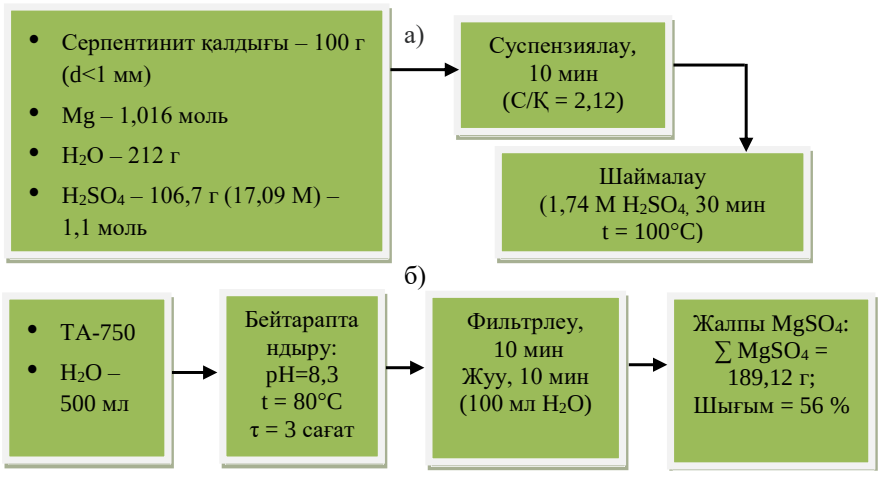
Кесте 1

Магний нитратының ($Mg(NO_3)_2$) өнімін алу барысында өнімдік ерітінділерді бейтараптандыру және қоспа-металдар иондарынан тазарту үшін реагент ретінде ТА-750 қолданғандағы элементтік талдау нәтижелері

Элемент	Бастапқы серпентинит қалдығында, %	$Mg(NO_3)_2$ құрамында, %
C	2,58	-
N		14,59
O	51,34	70,20
Mg	24,38	14,75
Al	0,54	-
Si	17,45	-
Cl	0,27	-
Ca	0,50	0,31
Fe	2,93	-
Барлығы	100,00	100,00

$Mg(NO_3)_2$ (магний селитрасы) түрінде магнийдің шаймалау дәрежесі 47% құрады.

2-суретте ұқсас жағдайларда эпсомитті ($MgSO_4$) алу нәтижелері көрсетілген. Өнімнің элементтік құрамы 2-кестеде берілген.



Сурет 2. Магний сульфатын алу процесінің шарттары мен сандық көрсеткіштері: а) серпентинит қалдығынан Mg^{2+} иондарын күкірт қышқылымен шаймалау сатысы; б) ТА-750 реагентін қолдана отырып $MgSO_4$ өнім ерітіндісін бейтараптандыру және тазалау сатысы

Кесте 2

Магний сульфатының ($MgSO_4$) өнімін алу барысында өнімдік ерітінділерді бейтараптандыру және қоспа-металдар иондарынан тазарту үшін реагент ретінде ТА-750 қолданғандағы элементтік талдау нәтижелері

Элемент	Бастапқы серпентинит қалдығында, %	$MgSO_4$ құрамында, %
1	2	3
C	2,58	-
O	51,34	58,47

2-кестенің жалғасы

1	2	3
Mg	24,38	16,12
Al	0,54	-
Si	17,45	-
S	-	25,24
Cl	0,27	-
Ca	0,50	0,25
Fe	2,93	-
Барлығы	100,00	100,00

$MgSO_4$ түріндегі магнийдің шаймалу дәрежесі 56% құрады.

1 және 2-кестелерден көріп тұрғанымыздай, алынған магний тұздары жоғары тазалыққа ие.

Атап айтқанда, ұсынылған технологиялық схеманың маңыздылығы серпентиниттік қалдықтан магнийді шаймалауға қолданылатын қышқылдар (HNO_3 және H_2SO_4) пайдалану коэффициенті шамамен 97-98% деңгейін құрайды. Бұл көрсеткіш ұсынылып отырған технологияның жалпы экономикалық тиімді теңгерімін қамтамасыз етуге оң ықпалын тигізуі мүмкін.

Қорытынды. Жүргізілген зертханалық зерттеулердің нәтижелері Жітіқара кен орнындағы хризотилді шикізатты өңдеу барысында түзілетін серпентинит қалдықтарын азот және күкірт элементтерімен интеграцияланған магнийлі тыңайтқыштар өндіруге арналған бағалы шикізат көзі ретінде пайдаланудың мүмкіндігін растады. Ұсынылған технологиялық схема қышқылмен шаймалау (HNO_3 және H_2SO_4 қолдану), бейтараптандыру және термиялық өңделген серпентинит қалдығының көмегімен ерітіндіні тазарту сатыларын қамтиды. Бұл тәсіл магнийді тиімді бөліп алуға және қазіргі заман талаптарына сай құрамы мен тазалығы жоғары $Mg(NO_3)_2$ және $MgSO_4$ түріндегі тыңайтқыштар алуға мүмкіндік береді.

Алынған нәтижелер, ұсынылған технологияның техногендік қалдықтарды қайта өңдеудің ресурстық тиімділігі тұрғысынан ғана емес, сонымен қатар экологиялық қауіпсіздігі мен ауыл шаруашылығын тұрақты дамытуға қосатын үлесі тұрғысынан да маңыздылығын көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. FAO. Soil fertility status and fertilizer use in selected countries. – Rome: FAO, 2020. – 125 p.
2. Бабушкин, В.И. Основы агрохимии [Текст] / В.И. Бабушкин, Д.С. Орлов. – Москва: Колос, 2021. – 384 с.
3. Всемирный банк. Обзор рынка минеральных удобрений в Центральной Азии [Текст]. – Вашингтон, 2022. – 68 с.
4. Wang Y., Liu H., Zhang X., et al. Magnesium fertilizers and crop yield: a global meta-analysis // Agricultural Sciences. – 2020. – Vol. 11. – No. 2. – P. 110-120.
5. Zhang L., Wu M., Chen Y. Magnesium’s role in photosynthesis and stress resistance // Plant Physiology Review. – 2020. – Vol. 8. – No. 4.
6. Qian H., Yu X., Zhao L., et al. Interaction of magnesium and nitrogen in improving crop physiological resistance // Journal of Plant Nutrition. – 2021. – Vol. 44. – No. 3. – P. 305-318.
7. Subedi R., Bhattarai D., et al. Global assessment of secondary nutrients in agriculture // Nutrient Cycling in Agroecosystems. – 2021. – Vol. 120. – P. 223-235.

8. Oleoscope [Electronic resource]. – Access mode: https://oleoscope.com/analytics/rabobank-prognoziruet-slozhnye-uslovija. Date of access: 19.07.2025.
9. Tebiz [Electronic resource]. – Access mode: https://tebiz.ru/mi/analiz-rynka-mineralnykh-udobrenij-v-kazakhstane. Date of access: 19.07.2025.
10. Министерство сельского хозяйства РК. Годовой отчет по развитию аграрного сектора [Текст]. – Нур-Султан, 2023. – 97 с.
11. Култаев, М.М. Серпентиниты Казахстана как источник химического сырья [Текст] / М.М. Култаев // Вестник геологии. – 2022. – № 4. – С. 15-22.
12. Ермекбаев, Е.Е. Оценка запасов магния в природных и техногенных источниках Казахстана [Текст] / Е.Е. Ермекбаев // Геология и недропользование. – 2021. – № 2. – С. 41-49.
13. Жақыпов, Б.Ж. Тыңайтқыштар және тыңайтқыш технологиясы [Текст] / Б.Ж. Жақыпов, Ж.С. Сүлейменов. – Алматы: Қазақ университеті, 2019. – 212 с.
14. Shadmanov D. Soil nutrient deficiencies in Central Asia and fertilizer solutions. – Springer, 2020.
15. Liu J., Chen F., Han X., et al. Magnesium-nitrogen-sulfur fertilizers: Environmental benefits and application in sustainable farming // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 288. – Article ID: 112387.
16. Экологический кодекс Республики Казахстан [Текст]. – Астана, 2021. – 356 с.
17. Исследование макро- и микроэлементного состава почв Казахстана [Текст]. – Алматы: КазНИИ Агрохимии, 2020. – 143 с.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған BR21882242 «Тау-кен қайтаөңдеу компанияларының серпинтинитті ілеспелік және техногендік қалдықтарын қайтаөңдеу мен олардың негізінде магний-, кремнийқұрамдас өнімдерін алудың ғылыми-қолданбалы және технологиялық аспектілері» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 19.07.25 түсті, 22.11.25 қабылданды.

А.П. Ауешов[1], Ч.З. Ескибаева[1], А.К. Диканбаева[1], А.М. Ибраева[1], К.Б. Алжанов[1]

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

ПОЛУЧЕНИЕ НИТРАТА И СУЛЬФАТА МАГНИЯ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕРПЕНТИНИТОВЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. В условиях истощения почв и дефицита макро- и микроэлементов, развитие локального производства удобрений на основе магния, азота и серы приобретает стратегическую важность для аграрного сектора Казахстана. В статье рассматриваются серпентинитовые отходы переработки хризотилового сырья Житикаринского месторождения (Костанайская область) в качестве сырьевого источника для производства магниевых удобрений, интегрированные с азотом и серой. Новые технологические схемы и подходы к получению магниевой селитры и эпсомита включают стадии выщелачивания, нейтрализации и очистки продуктивных растворов – $Mg(NO_3)_2$ и $MgSO_4$. Приведены качественные показатели полученных продуктов. Показано, что предложенные схемы извлечения магния из серпентинитового отхода в виде магниевой селитры и эпсомита могут способствовать инициированию новых исследований, охватывающих экологические, агрохимические и экономические аспекты переработки отходов хризотилового сырья.

Ключевые слова: серпентинитовые отходы, магниевые удобрения, магниевая селитра, эпсомит, Житикаринское месторождение.

A.P. Auyeshov[1], Ch.Z. Yeskibayeva[1], A.K. Dikanbayeva[1], A.M. Ibrayeva[1], K.B. Alzhanov[1]

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

PRODUCTION OF MAGNESIUM NITRATE AND SULFATE FROM INDUSTRIAL SERPENTINITE WASTE

Abstract. In the context of soil depletion and a shortage of macro- and micronutrients, the development of local fertilizer production based on magnesium, nitrogen, and sulfur is gaining strategic importance for Kazakhstan's agricultural sector. This study explores the potential of serpentinite waste generated during the processing of chrysotile ore from the Zhitikara deposit (Kostanay region) as a raw material for producing magnesium-based fertilizers integrated with nitrogen and sulfur. New technological schemes and approaches for obtaining magnesium nitrate and epsomite include stages of leaching, neutralization, and purification of productive solutions – $Mg(NO_3)_2$ and $MgSO_4$. The quality characteristics of the resulting products are presented. The proposed schemes for extracting magnesium from serpentinite waste in the form of magnesium nitrate and epsomite may serve as a foundation for new research encompassing environmental, agrochemical, and economic aspects of chrysotile waste processing.

Keywords: serpentinite waste, magnesium fertilizers, magnesium nitrate, epsomite, Zhitikara deposit.

References

1. FAO. Soil fertility status and fertilizer use in selected countries. – Rome: FAO, 2020. – 125 p.
2. Babushkin V.I., Orlov D.S. Osnovy agrokhimii [Fundamentals of Agrochemistry]. – Moscow: Kolos, 2021. – 384 p. [in Russian].
3. Vsemirnyy bank. Obzor rynka mineral'nykh udobreniy v Tsentral'noy Azii [World Bank. Review of Mineral Fertilizer Market in Central Asia]. – Washington, 2022. – 68 p. [in Russian].
4. Wang Y., Liu H., Zhang X., et al. Magnesium fertilizers and crop yield: a global meta-analysis // Agricultural Sciences. – 2020. – Vol. 11. – No. 2. – P. 110-120.
5. Zhang L., Wu M., Chen Y. Magnesium's role in photosynthesis and stress resistance // Plant Physiology Review. – 2020. – Vol. 8. – No. 4.
6. Qian H., Yu X., Zhao L., et al. Interaction of magnesium and nitrogen in improving crop physiological resistance // Journal of Plant Nutrition. – 2021. – Vol. 44. – No. 3. – P. 305-318.
7. Subedi R., Bhattarai D., et al. Global assessment of secondary nutrients in agriculture // Nutrient Cycling in Agroecosystems. – 2021. – Vol. 120. – P. 223-235.
8. Oleoscope [Electronic resource]. – Access mode: https://oleoscope.com/analytics/rabobank-prognoziruet-slozhnye-uslovija. Date of access: 19.07.2025.
9. Tebiz [Electronic resource]. – Access mode: https://tebiz.ru/mi/analiz-rynka-mineralnykh-udobrenij-v-kazakhstane. Date of access: 19.07.2025.
10. Ministerstvo selskokhozyaystva RK. Godovoy otchet po razvitiyu agrarnogo sektora [Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. Annual report on the development of the agricultural sector]. – Nur-Sultan, 2023. – 97 p. [in Russian].
11. Kultaev M.M. Serpentinity Kazakhstana kak istochnik khimicheskogo syr'ya [Serpentinites of Kazakhstan as a source of chemical raw materials] // Bulletin of Geology. – 2022. – No. 4. – P. 15-22. [in Russian].

12. Ermekbaev E.E. Otsenka zapasov magniya v prirodnykh i tekhnogennykh istochnikakh Kazakhstana [Assessment of magnesium reserves in natural and anthropogenic sources of Kazakhstan] // Geology and Subsoil Use. – 2021. – No. 2. – P. 41-49. [in Russian].
13. Zhakypov B.Zh., Suleimenov Zh.S. Tyngaytkyshtar zhane tyngaytkysh tekhnologiyasy [Fertilizers and Fertilizer Technology]. – Almaty: Kazakh University, 2019. – 212 p. [in Kazakh].
14. Shadmanov D. Soil nutrient deficiencies in Central Asia and fertilizer solutions. – Springer, 2020.
15. Liu J., Chen F., Han X., et al. Magnesium-nitrogen-sulfur fertilizers: Environmental benefits and application in sustainable farming // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 288. – Article ID: 112387.
16. Ekologicheskiy kodeks Respubliki Kazakhstan [Environmental Code of the Republic of Kazakhstan]. – Astana, 2021. – 356 p. [in Russian].
17. Issledovanie makro- i mikroelementnogo sostava pochv Kazakhstana [Study of macro- and microelement composition of soils in Kazakhstan]. – Almaty: Kazakh Research Institute of Agrochemistry, 2020. – 143 p. [in Russian].

ҒТАМР 61.33.39

Б.Т. Омаров[1] – *негізгі автор*,
Ж.М. Алтыбаев[2], М.М. Ескермесова[3], Н.Х. Умирзахова[4], А.Б. Сайымқұлова[5], Г.Е. Калымбетов[6]

[1]PhD, [2]PhD, доцент, [3]Кіші ғылыми қызметкер, [4]Магистр, [5,6]Докторант

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0003-1903-8466 [2]https://orcid.org/0000-0001-9091-4575
[3]https://orcid.org/0009-0003-0057-6413 [4]https://orcid.org/0009-0002-1919-5509
[5]https://orcid.org/0009-0000-0064-4162 [6]https://orcid.org/0000-0002-0983-2044

[1,2,3,4,5,6]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті,
Шымкент, Қазақстан

[6]gani_himik@mail.ru

©

https://doi.org/10.55956/CUZU9931

ТҮРЛІ ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚАЙТА ӨҢДЕУ АРҚЫЛЫ БИОГУМУС ӨНДІРУ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ

Аңдатпа. Мақалада органикалық қалдықтарды тиімді кәдеге жарату мәселесі және оларды қайта өңдеу негізінде алынатын биогумустың ауыл шаруашылығындағы маңызы жан-жақты қарастырылады. Қазіргі уақытта Қазақстанда органикалық қалдықтардың (мал қиы, ас қалдықтары, өсімдік қалдықтары және т.б.) айтарлықтай көлемде жинақталып жатыр және олардың көбінің қайта өңдеусіз тасталуы экологиялық қауіп тудырып отыр. Осы орайда, биогумус өндірісі – табиғи ресурстарды үнемдеуге, топырақ құнарлылығын қалпына келтіруге және ауыл шаруашылығы өнімділігін арттыруға бағытталған инновациялық әрі экологиялық жағынан қауіпсіз әдіс ретінде ұсынылады. Мақалада вермикомпосттау технологиясының кезеңдері, оны жүзеге асырудың биологиялық және техникалық талаптары сипатталады. Құрттар арқылы органикалық қалдықтарды өңдеудің тиімділігі, алынған биогумустың агрономиялық құндылығы және топыраққа тигізетін әсері ғылыми деректерге сүйене отырып сипатталады. Сондай-ақ, Қазақстан жағдайында биогумус өндірісін дамытудың әлеуеті мен негізгі проблемалары, нормативтік және инфрақұрылымдық шектеулер де талданған. Зерттеу әдеби шолу негізінде жүргізілген.

Тірек сөздер: биогумус, органикалық қалдықтар, вермикомпосттау, экологиялық технология, табиғи тыңайтқыш, құрттар, топырақ құнарлылығы, ауыл шаруашылығы.

Омаров, Б.Т. Түрлі органикалық қалдықтарды қайта өңдеу арқылы биогумус өндіру әдістеріне шолу [Мәтін] / Б.Т. Омаров, Ж.М. Алтыбаев, М.М. Ескермесова, Н.Х. Умирзахова, А.Б. Сайымқұлова, Г.Е. Калымбетов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.328-336. https://doi.org/10.55956/CUZU9931

Кіріспе. Қазіргі уақытта қоршаған ортаны қорғау және ауыл шаруашылығын тұрақты дамыту мәселелері ғаламдық деңгейде өзекті болып отыр. Қазақстанда жыл сайын миллиондаған тонна органикалық қалдықтар (тамақ қалдықтары, мал қиы, өсімдік қалдықтары және т.б.) пайда болады. Бұл қалдықтардың көп бөлігі дұрыс қайта өңделмей, экологиялық проблемалар туындатуда [1].

Органикалық қалдықтарды тиімді пайдалану бағыттарының бірі – биогумус өндіру. Биогумус – жер құрттарының (мысалы, *Eisenia fetida*) көмегімен органикалық қалдықтарды өңдеу арқылы алынатын жоғары сапалы органикалық тыңайтқыш [2,3]. Оның құрамында өсімдіктердің өсуіне қажетті барлық негізгі макро және микроэлементтер, ферменттер, гормондар және пайдалы микроорганизмдер бар [4].

Биогумус тек экологиялық таза тыңайтқыш қана емес, сонымен қатар топырақтың құрылымын жақсартады, оның ылғал мен қоректік заттарды сақтау қабілетін арттырады және ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін едәуір жоғарылатады [5].

Бұл мақалада органикалық қалдықтарды қайта өңдеу арқылы биогумус өндірудің экологиялық, аграрлық және экономикалық тиімділігі қарастырылады. Сонымен қатар, Қазақстан жағдайында биогумус өндірісін дамытудың әлеуеті мен өзекті мәселелері талданады [6,7].

Ғылыми зерттеулерге шолу және талдау. Органикалық қалдықтар – бұл табиғи немесе адамның шаруашылық әрекеті нәтижесінде түзілетін, құрамында көміртек негізіндегі заттары бар, ыдырай алатын биологиялық қалдықтар. Олардың қатарына тұрмыстық ас қалдықтары, ауыл шаруашылығы қалдықтары (мал қиы, сабан, өсімдік қалдықтары, құс саңғырығы), азық-түлік өнеркәсібінен шығатын қалдықтар, қоғамдық тамақтану орындарынан алынатын қалдықтар, бақша және саябақтардан түсетін жапырақтар мен шөптер кіреді [1]. Қазақстанда бұл қалдықтар жыл сайын миллиондаған тонна көлемінде жиналады, алайда олардың басым бөлігі жүйелі түрде өңделмей, полигондар мен ашық алаңдарда шіріп, метан мен көмірқышқыл газы тәрізді парниктік газдардың бөлінуіне, сондай-ақ топырақ пен жерасты суларының ластануына алып келеді.

Экологиялық тұрғыдан алғанда, органикалық қалдықтарды кәдеге жарату – тұрақты даму тұжырымдамасының маңызды элементі. Соңғы жылдары әлемдік тәжірибеде бұл қалдықтарды қайта өңдеудің бірнеше заманауи әрі тиімді технологиялары кеңінен қолданыла бастады. Олардың ішінде ең танымал әдістерге мыналар жатады:

– компосттау – аэробты жағдайда қалдықтарды биологиялық ыдырату арқылы тыңайтқыш алу;

– анаэробты ашыту – ауа қатысынсыз ашыту процесі нәтижесінде биогаз (метан) мен органикалық шлам алу;

– ферменттеу – ферменттік белсенділік негізінде қалдықтарды ыдырату арқылы биологиялық өнімдер өндіру;

– вермикомпосттау – жер құрттарының көмегімен органикалық қалдықтарды қайта өңдеп, жоғары сапалы тыңайтқыш – биогумус алу [2,8].

Вермикомпосттау әдісі – биологиялық тұрғыдан ең тиімді әрі экологиялық қауіпсіз тәсіл ретінде танылған. Бұл әдіс кезінде *Eisenia fetida* және *Eudrilus eugeniae* тәрізді арнайы селекциялық жер құрттары қалдықтарды өз асқорыту жүйесінде өңдеп, жоғары қоректік және биологиялық белсенді заттармен байытылған биогумус түзеді. Вермикомпосттаудың артықшылықтары – оның төмен энергия шығыны, иіссіз, жылдам процесс болуы және соңғы өнімнің ауыл шаруашылығында тиімділігі өте жоғары тыңайтқыш ретінде қолданылуы [3,9,10].

Биогумус тек экологиялық таза тыңайтқыш қана емес, сонымен қатар топырақтың құрылымын жақсартады, оның ылғалды сақтау және қоректік заттарды жеткізу қабілетін арттырады. Сонымен бірге топырақтағы пайдалы

микрофлораны қалпына келтіру арқылы өсімдіктердің иммунитетін күшейтеді. Сондықтан вермикомпосттау технологиясы қазіргі таңда қалдықтарды кәдеге жарату мен ауыл шаруашылығында экологиялық таза өнім алуға бағытталған басты құралдардың біріне айналып отыр [9,10].

Қорыта келе, органикалық қалдықтарды тиімді басқару тек қалдықтар мәселесін шешіп қана қоймай, экологиялық тұрақтылықты арттыруға, топырақтың құнарлылығын қалпына келтіруге және азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуге үлкен үлес қосады. Бұл бағыттағы заманауи технологияларды, әсіресе вермикомпосттауды енгізу Қазақстан жағдайында ерекше маңызды болып табылады.

Биогумус өндіру – қазіргі заманғы экологиялық таза және ресурсты үнемдеуші технологиялардың бірі ретінде кеңінен танылуда. Бұл процесс органикалық қалдықтарды арнайы жер құрттарының көмегімен биологиялық өңдеуге негізделген. Нәтижесінде алынатын өнім – биогумус – топырақтың құнарлылығын арттыратын және ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін жоғарылататын жоғары сапалы органикалық тыңайтқыш болып табылады [2,3].

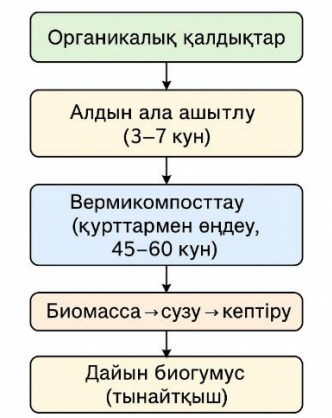
Вермикомпосттау процесі табиғи экожүйелердегі зат айналымына ұқсас жүреді. Адам қызметінен немесе ауыл шаруашылығынан пайда болған органикалық қалдықтар алдымен механикалық және биологиялық тұрғыда өңделуге дайындалады. Шикізат ретінде мал қиы, құс саңғырығы, өсімдік қалдықтары (сабан, жапырақтар, көкөніс қалдықтары), азық-түлік өнеркәсібінің қалдықтары, тамақ қалдықтары, қағаз және т.б. қалдықтар пайдаланылады. Шикізат белгілі бір мөлшерде ылғалдандырылып, температуралық режим мен аэрация талаптарына сай белгілі бір ортаға орналастырылады. Бұл ортада арнайы таңдап алынған құрттар – көбінесе *Eisenia fetida* (қызыл калифорниялық құрт) тіршілік етеді [4]. Бұл құрттар органикалық қалдықтарды тұтынып, ішкі микрофлора мен ферментативті жүйелерінің әсерінен оларды тез әрі тиімді өңдеп, құрылымы түйіршікті, иіссіз және қоректік заттарға бай гумусты массаны түзеді [9,10].

Биогумус өндірудің табысты жүруі бірнеше маңызды факторға тәуелді. Атап айтқанда, құрттар тіршілік ететін ортаның температурасы 15-25°C аралығында болуы тиіс. Температура жоғарылаған немесе төмендеген жағдайда құрттардың белсенділігі төмендейді. Ылғалдылық деңгейі 70-80% шегінде болуы керек, өйткені ылғалдылықтың жеткіліксіздігі құрттардың қозғалысын тежейді және өңдеу процесін баяулатады. Сонымен қатар, ортаның қышқылдығы (pH) 6,0-7,5 аралығында болғаны дұрыс. Құрттарға қолайлы жағдай жасау – биогумус сапасына тікелей әсер ететін маңызды талап [13].

Вермикомпосттау технологиясы бірнеше кезеңнен тұрады (1 сурет). Алдымен шикізат 3-7 күн бойы алдын ала ашытылады, яғни микроағзалармен бастапқы биологиялық ыдырау жүреді. Кейін бұл масса вермибокстарға немесе ашық вермифермаларға орналастырылып, оған тірі құрттар жіберіледі. Құрттар өңдеген органикалық масса шамамен 45-60 күн ішінде толық биогумусқа айналады. Осы кезеңде биомассада патогенді микроорганизмдер жойылып, ауыр металдардың мөлшері төмендейді, ал пайдалы бактериялар, ферменттер мен гуминді заттар көбейеді [1].

Өндіріс соңында биогумус кептіріліп, електен өткізіледі және қапталып, сақтау мен тасымалдауға жарамды күйге келтіріледі. Қажет болған жағдайда биогумусқа арнайы микроэлементтер немесе пайдалы микроағзалар қосылады, бұл оның тыңайтқыштық қасиеттерін арттыра түседі. Нәтижесінде

алынатын өнім құрамында өсімдіктердің өсуі мен дамуына қажетті макро- және микроэлементтер – азот, фосфор, калий, кальций, магний, темір, марганец және т.б. болатыны 1 кестеде келтірілген. Сонымен қатар, биогумус топырақтағы тірі микрофлораны белсендіреді, өсімдіктердің иммундық жүйесін күшейтеді және топырақтың физикалық-химиялық қасиеттерін жақсартады [2,12,13].



Сурет 1. Биогумус өндірудің технологиялық кезеңдері

Кесте 1

Биогумустың негізгі агрохимиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Мәні
Ылғалдылық (%)	30–40
pH деңгейі	6,5–7,5
Органикалық зат (%)	35–50
Азот (N) (%)	1,5–2,5
Фосфор (P_2O_5) (%)	1,0–2,0
Калий (K_2O) (%)	1,5–2,5
Микроорганизмдер саны	Жоғары
Құрылымы	Түйіршікті, иіссіз

Биогумус өндірісі – ауыл шаруашылығы саласында экологиялық қауіпсіздік пен экономикалық тиімділікті қатар қамтамасыз ететін маңызды инновациялық бағыт. Оның технологиялық қарапайымдылығы, қолжетімді шикізат базасы және жоғары агрономиялық құндылығы бұл әдісті Қазақстан жағдайында кеңінен енгізуге мүмкіндік береді [15].

Қазақстан Республикасы экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету, органикалық ауыл шаруашылығын дамыту және қалдықтарды қайта өңдеу мәселелеріне ерекше көңіл бөліп келеді. Осыған байланысты биогумус өндірісі еліміз үшін ауыл шаруашылығы мен қоршаған ортаны қорғау саласындағы өзекті әрі перспективалық бағыттардың бірі болып саналады. Қазақстандағы ауыл шаруашылығы қалдықтарының мол қоры, жер ресурстарының кеңдігі және климаттық ерекшеліктері биогумус өндірісін дамытуға үлкен мүмкіндік береді [15].

Ресми мәліметтерге сәйкес, Қазақстанда жыл сайын 300 млн тоннадан астам органикалық қалдықтар түзіледі. Оның ішінде мал шаруашылығынан шығатын көң қалдықтары – ең үлкен үлесті құрайды [16]. Бұл қалдықтар

қазіргі таңда көбінесе стихиялық жағдайда жиналады немесе тыңайтқыш ретінде өңделмей шашыраңқы қолданылады. Аталған ресурстарды жүйелі түрде вермикомпосттауға бағыттау – бір жағынан қалдықтарды кәдеге жаратудың экологиялық жолы болса, екінші жағынан ауыл шаруашылығы өндірісінің рентабельділігін арттыратын қадам болмақ [17].

Қазақстанда биогумус өндірісінің бастапқы элементтері соңғы онжылдықта қалыптаса бастады. Шымкент, Алматы, Қызылорда, Ақтөбе және Солтүстік Қазақстан облыстарында жекелеген шаруа қожалықтары мен жеке кәсіпкерлер биогумус өндірісімен айналысып келеді. Бұл өндірістердің көпшілігі шағын көлемде жұмыс істейді және олардың өнімдері көбінесе жергілікті нарықта өткізіледі. Мысалы, Шымкент маңындағы бірқатар шаруашылықтар әр жылы 10-20 тоннаға дейін биогумус өндіреді, бұл өнім жылыжай кешендеріне, бау-бақша өсірушілерге, диқандарға таратылады [18].

Сонымен қатар, елдегі аграрлық жоғары оқу орындары мен ғылыми зерттеу институттары биогумус өндіру технологияларын зерттеумен және бейімдеумен айналысуда. Атап айтқанда, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті және Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты органикалық тыңайтқыштарды қолданудың тиімділігін ғылыми тұрғыда негіздеуде [19].

Дегенмен, елімізде биогумус өндірісін кең ауқымда дамытуға кедергі келтіріп отырған бірқатар мәселелер бар. Біріншіден, бұл саланың заңнамалық және нормативтік реттелуінің әлсіздігі. Қалдықтарды өңдеуге арналған нақты стандарттар, техникалық регламенттер мен санитарлық талаптар толық жетілдірілмеген. Екіншіден, бұл өндірістің экономикалық тиімділігі мен инвестициялық тартымдылығы әлі толық танылмаған. Жеке кәсіпкерлер мен фермерлердің бұл технология туралы хабардарлығы төмен, ал бастапқы инвестиция мен қажетті құрал-жабдықты сатып алу көптеген ауыл шаруашылығы субъектілері үшін қиындық туғызады [19].

Үшіншіден, биогумус өнімін сертификаттау, стандарттау және нарыққа шығару процесінде әкімшілік кедергілер кездеседі. Қазіргі уақытта Қазақстанда биогумус сапасына қойылатын бірыңғай мемлекеттік стандарт жоқ. Бұл жағдай өнім сапасын бағалауда және ішкі, әсіресе сыртқы нарыққа шығуда қиындықтар туғызады.

Осыған қарамастан, Қазақстанда биогумус өндірісінің болашағы зор. Біріншіден, еліміздің ауыл шаруашылығы органикалық бағытқа бет бұрып келеді. Екіншіден, жасыл экономикаға көшу тұжырымдамасы, қалдықтарды басқару саласындағы мемлекеттік бағдарламалар, сонымен қатар халықаралық экологиялық бастамалар (мысалы, SDG мақсаттары) органикалық тыңайтқыш өндірісін стратегиялық бағыттардың біріне айналдыруда [6].

Биогумус өндірісін жандандыру үшін мынандай шаралар қажет: мемлекеттік субсидиялар мен гранттар бөлу, білім беру және ақпараттық-түсіндіру жұмыстары, ғылыми зерттеулерді қолдау, өндірістік кооперацияларды құру және жергілікті билік тарапынан ұйымдастырушылық қолдау. Сондай-ақ, қалалық және ауылдық деңгейде қалдықтарды бөліп жинау жүйесін енгізу – биогумус өндірісіне тұрақты шикізат көзін қамтамасыз етеді.

Қорытынды. Қорытындылай келе, Қазақстандағы биогумус өндірісі – қоршаған ортаны қорғау, органикалық егіншілікті дамыту және ауыл шаруашылығы өнімдерінің сапасын арттыру тұрғысынан үлкен маңызға ие.

Бұл бағытты дамытудың кешенді, жүйелі жолын ұстану елдің экологиялық және аграрлық тұрақтылығына ықпал етеді.

Жүргізілген әдеби шолу мен талдау нәтижелері көрсеткендей, биогумус – органикалық қалдықтарды өңдеудің экологиялық тұрғыдан қауіпсіз әрі экономикалық жағынан тиімді әдісі болып табылады. Оның құрамындағы макро- және микроэлементтер, гуминді қосылыстар мен пайдалы микроорганизмдер топырақтың агрофизикалық, агрохимиялық және биологиялық қасиеттерін жақсартып, ауыл шаруашылығы дақылдарының өсуі мен өнімділігін арттыруға ықпал етеді. Биогумустың тұрақты түрде қолданылуы топырақтың құрылымын түйіршіктендіріп, ылғал мен ауаның өтуін жақсартады, өсімдіктердің иммундық жүйесін күшейтеді және өнім сапасының жоғарылауына әкеледі.

Қазақстанда биогумус өндірісін дамытудың әлеуеті зор екені айқын байқалады. Елде ауыл шаруашылығы мен азық-түлік өндірісінен шығатын органикалық қалдықтардың мол қоры, құнарсызданған топырақтардың көптігі, сондай-ақ ауыл тұрғындарының жұмыссыздық мәселесі бұл бағыттың өзектілігін арттыра түседі. Дегенмен қазіргі таңда биогумус өндірісі жүйелі қолдаудан, нормативтік негізден және ауқымды ақпараттық сүйемелдеуден тыс қалып отыр. Бірқатар жеке шаруашылықтар мен фермерлік құрылымдарда шағын көлемде биогумус өндірісі жүргізілгенімен, бұл үрдіс кең ауқымда таралмаған, әрі өнімнің стандарттары мен сапалық көрсеткіштері біріздендірілмеген.

Осыған байланысты Қазақстанда биогумус өндірісін дамыту үшін кешенді тәсіл қажет. Ол мемлекеттік қолдау шараларын, ғылыми зерттеулерді жандандыруды, фермерлер мен кәсіпкерлерді ақпараттық қолдауды, органикалық қалдықтарды жүйелі түрде жинау мен өңдеу инфрақұрылымын қалыптастыруды, сондай-ақ биогумус сапасын стандарттау мен сертификаттауды қамтуы тиіс. Сонымен қатар биогумустың агроэкологиялық тиімділігін әртүрлі дақылдар мен аймақтық топырақ-климаттық жағдайларда жүйелі түрде зерттеп, тәжірибелік деректер базасын қалыптастыру қажет.

Қорытындылай келе, биогумус – ауыл шаруашылығы өндірісінің экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ететін, ресурстарды үнемдейтін және биологиялық әртүрлілікті сақтауға бағытталған заманауи шешімдердің бірі. Оны ғылыми негізделген және институционалдық қолдауға сүйене отырып кеңінен енгізу – Қазақстанның аграрлық саласын орнықты дамудың жаңа деңгейіне көтеруге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Мамырбеков, Б.К. Органикалық қалдықтарды қайта өңдеу мәселелері [Мәтін] / Б.К. Мамырбеков // Экология және тұрақты даму. – 2022. – № 1 (27). – Б. 55-59.
2. Эфимов, Е.Э. Биогумус и вермикомпост: технология и применение [Текст] / Е.Э. Эфимов. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 192 с.
3. Ismail, S.A. The Earthworm Book. – Chennai: Other India Press, 2005. – 101 p.
4. Гаврилов, Г.В. Органические удобрения и устойчивое земледелие [Текст] / Г.В. Гаврилов. – М.: Колос, 2020. – 168 с.
5. Каденова, А.Ш. Органикалық тыңайтқыштардың ауыл шаруашылығындағы маңызы [Мәтін] / А.Ш. Каденова // Қазақстан ғылымы мен өмірі. – 2021. – № 3 (75). – Б. 66-70.
6. Қазақстан Республикасының «Жасыл экономикаға» көшу тұжырымдамасы туралы. №577 Қазақстан Республикасы Президентінің Жарлығы, 30 мамыр

2013 – 56 б. [Электронды ресурс]. – Қол жетімділік режимі: https://ecogosfond.kz/wp-content/uploads/2021/11/577.10-09-2019.kaz_.pdf.
7. Дуйсенбаева, С.Т. «Зеленые» навыки как основа формирования экологической культуры и развития экологического образования [Текст] / С.Т. Дуйсенбаева // Механика и технологий. – 2019. – № 1 (63). – С. 201-210.
8. Gajalakshmi S., Abbasi S.A. Solid Waste Management by Composting: State of the Art // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 2008. – Vol. 38, No. 5. – P. 311-400.
9. Lazcano C., Dominguez J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: Impact on plant growth and soil fertility // Soil Nutrients. – 2011. – Vol. 10. – P. 1-23.
10. Кененбаев, С.Б. Влияние биоудобрений и биопрепаратов на показатели плодородия и продуктивности сероземных почв юго-востока Казахстана [Текст] / С.Б. Кененбаев [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2023. – № 2. – С. 44-56.
11. Арыстанбекова, А.Ж. Вермикомпост технологиясының агроэкологиялық тиімділігі [Мәтін] / А.Ж. Арыстанбекова // Аграрлық ғылым. – 2021. – № 4. – Б. 47-52.
12. Кузнецов, С.И. Органические удобрения и их значение в земледелии [Текст] / С.И. Кузнецов. – М.: Колос, 2018. – 168 с.
13. Искакова, Г.Ж. Биогумус – Органикалық тыңайтқыш көзі [Мәтін] / Г.Ж. Искакова. – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 152 б.
14. Джусупбекова, Г.Н. Биогумус – сапалы өнімнің кепілі [Мәтін] / Г.Н. Джусупбекова // Ауыл шаруашылығы ғылымдары. – 2022. – № 1. – Б. 98-101.
15. Арыстанбекова, А.Ж. Органикалық қалдықтарды өңдеудің өзекті мәселелері [Мәтін] / А.Ж. Арыстанбекова // Экология және тұрақты даму. – 2021. – № 2. – Б. 43-49.
16. Таңатаров, Е.Ж. Вермикомпосттау – экологиялық тұрақты шешім [Мәтін] / Е.Ж. Таңатаров // Аграрлық ғылым. – 2022. – № 4 (58). – Б. 55-59.
17. Искакова, Г.Ж. Оңтүстік Қазақстандағы биогумус өндірісі және оның болашағы [Мәтін] / Г.Ж. Искакова, Д.А. Нұрманова // Аймақтық экономика. – 2023. – № 1. – Б. 77-81.
18. Бекжанова, А.М. Биогумус өндірісінің ғылыми негіздері: отандық тәжірибе [Мәтін] / А.М. Бекжанова, Р.К. Омаров // Қазақ ҰАУ Хабаршысы. – 2022. – № 3. – Б. 64-68.
19. Мамырбеков, Б.К. Биогумус өндірісін құқықтық және экономикалық қолдау тетіктері [Мәтін] / Б.К. Мамырбеков // Аграрлық саясат және нарық. – 2021. – № 2. – Б. 90-94.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған AP27511917 «Органикалық қалдықтардырды қайта өңдеу арқылы биогумус өндіру және топырақтың құнарлығын арттырып, ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін дамыту» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 04.09.25 түсті, 19.11.25 қабылданды.

Б.Т. Омаров[1], Ж.М. Алтыбаев[1], М.М. Ескермесова[1], Н.Х. Умирзахова[1], А.Б. Сайымқұлова[1], Г.Е. Калымбетов[1]

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

ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА БИОГУМУСА ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Аннотация. В статье всесторонне рассматривается вопрос эффективного использования органических отходов и значение биогумуса, получаемого на основе их переработки, в сельском хозяйстве. В настоящее время в Казахстане накапливается значительное количество органических отходов (навоз крупного рогатого скота, пищевые отходы, растительные остатки и т.д.), утилизация большей части которых без переработки представляет экологическую угрозу. В этой связи производство биогумуса представлено как инновационный и экологически безопасный метод, направленный на экономию природных ресурсов, восстановление плодородия почв и повышение продуктивности сельского хозяйства. В статье описаны этапы технологии вермикомпостирования, биологические и технические требования к ее реализации. На основе научных данных описаны эффективность переработки органических отходов червями, агрономическая ценность получаемого биогумуса и его влияние на почву. Проанализированы потенциал и основные проблемы развития производства биогумуса в условиях Казахстана, нормативные и инфраструктурные ограничения. Исследование проведено на основе обзора литературы.

Ключевые слова: биогумус, органические отходы, вермикомпостирование, экологическая технология, натуральное удобрение, черви, плодородие почвы, сельское хозяйство.

B.T. Omarov[1], Zh.M. Altybaev[1], M.M. Eskermesova[1], N.Kh. Umirzahova[1], A.B. Saiymkulova[1], G.E. Kalymbetov[1]

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

REVIEW OF METHODS OF BIOHUMUS PRODUCTION BY PROCESSING VARIOUS ORGANIC WASTE

Abstract. The article comprehensively examines the issue of efficient use of organic waste and the importance of vermicompost obtained from their processing in agriculture. Currently in Kazakhstan a significant amount of organic waste (cattle manure, food waste, plant residues, etc.) is accumulated, the disposal of most of which without processing poses an environmental threat. In this regard, the production of vermicompost is presented as an innovative and environmentally friendly method aimed at saving natural resources, restoring soil fertility and increasing agricultural productivity. The article describes the stages of vermicomposting technology, biological and technical requirements for its implementation. Based on scientific data, the efficiency of processing organic waste by worms, the agronomic value of the resulting vermicompost and its impact on the soil are described. The potential and main problems of vermicompost production development in Kazakhstan, regulatory and infrastructural restrictions are analyzed. The study is based on a literature review.

Keywords: biohumus, organic waste, vermicomposting, ecological technology, natural fertilizer, worms, soil fertility, agriculture.

References

1. Mamyrbekov, B.K. Organikalyq qaldyqtardy qaĭta óńdeú máseleleri [Issues of organic waste processing] / Б.К. Мамырбеков // Ecology and Sustainable Development. – 2022. – No. 1 (27). – P. 55-59. [in Kazakh].
2. Efimov, E.E. Biogumus i vermikompost: tekhnologiya i primenenie [Biohumus and vermicompost: technology and application]. – Saint Petersburg: Lan', 2019. – 192 p. [in Russian].
3. Ismail, S.A. The Earthworm Book. – Chennai: Other India Press, 2005. – 101 p.

4. Gavrilov, G.V. Organicheskie udobreniya i ustoĭchivoe zemledelie [Organic fertilizers and sustainable agriculture]. – Moscow: Kolos, 2020. – 168 p. [in Russian].
5. Kadenova, A.Sh. Organikalyq tynghaĭtqyghtardyng auyl sharuashylyghyndaghy mañhyzy [The significance of organic fertilizers in agriculture] // Kazakhstan ghylymy men ómiri [Science and Life of Kazakhstan]. – 2021. – No. 3 (75). – . 66-70. [in Kazakh].
6. On the Concept of Transition of the Republic of Kazakhstan to the “Green Economy.” Decree of the President of the Republic of Kazakhstan No. 577, May 30, 2013. – 56 p. [Electronic resource]. – Access mode: https://ecogosfond.kz/wp-content/uploads/2021/11/577.10-09-2019.kaz_.pdf.
7. Duysenbaeva, S.T. "Zelenye" navyki kak osnova formirovaniya èkologicheskoĭ kul'tury i razvitiya èkologicheskogo obrazovaniya ["Green" skills as the basis for the formation of environmental culture and the development of environmental education] // Mechanics and Technologies. – 2019. – No. 1 (63). – P. 201-210. [in Russian].
8. Gajalakshmi S., Abbasi S.A. Solid Waste Management by Composting: State of the Art // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. – 2008. – Vol. 38, No. 5. – P. 311-400.
9. Lazcano C., Dominguez J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: Impact on plant growth and soil fertility // Soil Nutrients. – 2011. – Vol. 10. – P. 1-23.
10. Kenenbaev, S.B. et al. Vliyanie bioudobreniĭ i biopreparatov na pokazateli plodorodiya i produktivnosti serozemnykh pochv yugo-vostoka Kazakhstana [The influence of biofertilizers and biological products on the indicators of fertility and productivity of sierozem soils in the southeast of Kazakhstan] // Soil Science and Agrochemistry. – 2023. – No. 2. – P. 44-56. [in Russian].
11. Arystanbekova, A.Zh. Vermikompost tekhnologiyasynyń agroèkologiyalyq tíimdílígí [Agroecological efficiency of vermicompost technology] // Agrarian Science. – 2021. – No. 4. – P. 47-52. [in Kazakh].
12. Kuznetsov, S.I. Organicheskie udobreniya i ikh znachenie v zemledelii [Organic fertilizers and their significance in agriculture]. – Moscow: Kolos, 2018. – 168 p. [in Russian].
13. Iskakova, G.Zh. Biogumus – Organikalyq tynghaĭtqygh kózí [Biohumus – a source of organic fertilizer]. – Almaty: Kazakh University, 2021. – 152 p. [in Kazakh].
14. Dzhusupbekova, G.N. Biogumus – sapaly ó nímníñ kepílí [Biohumus – a guarantee of quality products] // Agricultural Sciences. – 2022. – No. 1. – P. 98-101. [in Kazakh].
15. Arystanbekova, A.Zh. Organikalyq qaldyqtardy ó ñdeúdıñ ózektí máselelerí [Urgent issues of organic waste processing] // Ecology and Sustainable Development. – 2021. – No. 2. – P. 43-49. [in Kazakh].
16. Tañatarov, E.Zh. Vermikomposttaū – èkologiyalyq tūraqty sheshím [Vermicomposting – an ecologically stable solution] // Agrarian Science. – 2022. – No. 4 (58). – P. 55-59. [in Kazakh].
17. Iskakova, G.Zh. Ontústík Qazaqstandaghý biogumus óndírísí zhəne onyñ bolashaghý [Biohumus production in Southern Kazakhstan and its future] // Regional Economics. – 2023. – No. 1. – P. 77-81. [in Kazakh].
18. Bekzhanova, A.M., Omarov, R.K. Biogumus óndírísínıñ ghýlými negízderí: otandyq təzhíríbe [Scientific foundations of biohumus production: domestic experience] // Bulletin of KazNAU. – 2022. – No. 3. – P. 64-68. [in Kazakh].
19. Mamyrbekov, B.K. Biogumus óndírísínín qūqyqtyq zhəne èkonomíkalyq qoldaú tetíkterí [Legal and economic support mechanisms for biohumus production] // Agrarian Policy and Market. – 2021. – No. 2. – P. 90-94. [in Kazakh].

ҒТАМР 61.01.77 : 70.85.29

Ш.М. Умбетова[1] – *негізгі автор*, ©
У. Умбетов[2], Г.Б. Курманбаев[3], З.А. Баймаханова[4], Ж.С. Асанова[5]

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

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0001-7716-9822 [2]https://orcid.org/0000-0001-6931-7944
[3]https://orcid.org/0009-0002-0683-9926 [4]https://orcid.org/0009-0008-1949-2275
[5]https://orcid.org/0000-0003-4456-9891

[1,4,5]Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан
[2]Болашақ университеті, Қызылорда, Қазақстан
[3]Қызылорда Ашық университеті, Қызылорда, Қазақстан

@ *[1]umbetova-37@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/GHDV3095

СУДЫ ОЗОНДАУ КЕЗІНДЕГІ БРОМАТТАРДЫҢ ТҮЗІЛУІ ЖӘНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕГІ БАСҚАРУ

Аңдатпа. Бұл мақалада суды озондау процесінде броматтардың түзілу механизмі қарастырылды және олардың түзілу кинетикасы зерттелді. Озондау кезінде pH деңгейі, температура, озон дозасы және байланысу уақыты сияқты негізгі факторлардың әсері анықталды. Броматтардың түзілуін азайтуға бағытталған әдістер қарастырылды, олардың ішінде pH-ты төмендету, реагенттер қосу және көпсатылы озондау тәсілдері тиімділігімен ерекшеленді. Сонымен қатар, жасанды интеллект негізіндегі интеллектуалды басқару жүйесі әзірленді. Бұл жүйе судың сапасын нақты уақыт режимінде талдап, броматтардың түзілуін болжауға және озондау параметрлерін автоматты түрде оңтайландыруға мүмкіндік берді. Алынған нәтижелер Арал теңізі аймағына тән тұрақсыз су сапасы жағдайында технологияның тиімділігі мен сенімділігін арттыруға бағытталған.

Тірек сөздер: суды озондау, броматтар, кинетика, жасанды интеллект, зияткерлік жүйе, су тазарту.

Умбетова, Ш.М. Суды озондау кезіндегі броматтардың түзілуі және жасанды интеллект негізіндегі басқару [Мәтін] / Ш.М. Умбетова, У. Умбетов, Г.Б. Курманбаев, З.А. Баймаханова, Ж.С. Асанова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.337-343. https://doi.org/10.55956/GHDV3095

Кіріспе. Халықты сапалы ауыз сумен қамтамасыз ету – тұрақты дамудың басым бағыттарының бірі болып табылады. Климаттың жаһандық өзгеруі, антропогендік жүктеменің артуы және тұщы су тапшылығы жағдайында, әсіресе Арал теңізі бассейні сияқты осал аймақтарда, тиімді әрі қауіпсіз су тазарту технологияларын енгізу қажеттілігі артып келеді.

Суды озондау – орталықтандырылған және жергілікті сумен жабдықтау жүйелерінде кеңінен қолданылатын, болашағы зор әдістердің бірі. Озонның тотығу қабілеті жоғары болғандықтан, ол патогенді микроағзаларды тиімді түрде жояды, органикалық ластағыштарды ыдыратады және жағымсыз иістерді жояды. Алайда, айқын артықшылықтарына қарамастан, озондау әдісінің бірқатар шектеулері де бар. Соның бірі – суда бромид иондары (Br^-)

болған жағдайда броматтардың (BrO_3^-) түзілуі [1,2]. Броматтар – ықтимал канцерогенді заттар ретінде жіктеледі және халықаралық ауыз су сапасы стандарттарына сәйкес қатаң бақылауға алынады.

Броматтардың түзілу процесі – көптеген факторларға тәуелді күрделі реакциялар тізбегі болып табылады: орта pH-ы, температура, бромидтердің концентрациясы, озон дозасы, жанасу уақыты және органикалық заттардың болуы. Бұл процесті тиімді басқару үшін оның кинетикасын түсініп қана қоймай, өзгермелі жағдайларға бейімделе алатын икемді реттеу жүйелері қажет [3].

Осы тұрғыда жасанды интеллект (ЖИ) негізіндегі зияткерлік басқару жүйелерін қолдану ерекше өзектілікке ие. Мұндай жүйелер су параметрлерін нақты уақыт режимінде талдауға, зиянды қосылыстардың түзілуін болжауға және озондау режимін автоматты түрде түзетуге мүмкіндік береді [4,5]. Бұл, әсіресе, Арал теңізі аймағына тән тұрақсыз су сапасы жағдайында аса маңызды.

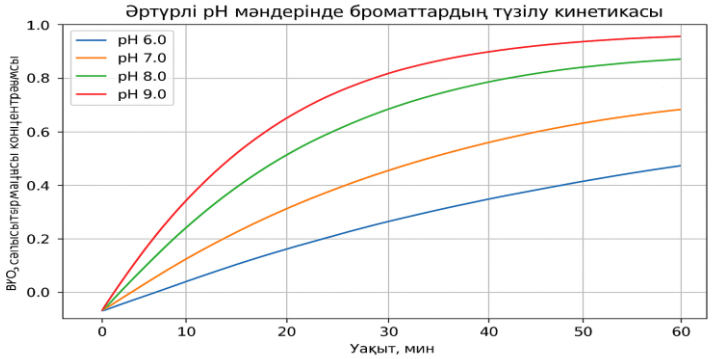
Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу Арал теңізі аймағының табиғи су құрамын имитациялайтын модельдік су ерітінділерін пайдалана отырып, зертханалық жағдайда жүргізілді. Негізгі назар бромидтердің концентрациясын, орта pH-ын, температураны және озон дозасын өзгертуге аударылды.

Вариация параметрлері:

- бромидтер концентрациясы (Br^-): 0,05-тен 1,0 мг/л дейін;
- орта pH: 6,0-ден 9,0 дейін;
- температура: 10-нан 30°C дейін;
- озон дозасы: 1-ден 5 мг/л дейін;
- байланысу уақыты: 60 минутқа дейін.

Ерітінділер деионданған су негізінде дайындалды, табиғи бромид құрамын имитациялау үшін натрий хлориді (NaBr) қосылды. pH мәндері тұз қышқылы (HCl) және натрий гидроксиді (NaOH) ерітінділері арқылы реттелді. Озондау озон шығынын және әсер ету уақытын дәл реттеуге мүмкіндік беретін зертханалық озонатор көмегімен жүргізілді.

Броматтар концентрациясын өлшеу иондық хроматография әдісімен жүзеге асырылды. 1-суретте әртүрлі pH мәндерінде озондау уақытына байланысты броматтардың (BrO_3^-) салыстырмалы концентрациясының тәуелділігі көрсетілген.



Сурет 1. Әртүрлі pH мәндерінде броматтардың түзілуінің кинетикалық қисығы

Графиктен көрініп тұрғандай, pH мәні артқан сайын броматтардың түзілу жылдамдығы жоғарылайды. pH 9,0 кезінде BrO_3^- ең қарқынды жиналуы байқалады, ал pH 6,0 кезінде броматтардың түзілуі ең төмен деңгейде болады. Бұл суды озондау кезінде зиянды жанама өнімдердің түзілуін азайту үшін орта pH-ын бақылаудың маңыздылығын дәлелдейді.

Суды озондау кезінде броматтардың түзілу процесін сандық сипаттау үшін псевдобірінші және псевдоекінші ретті модельдер қолданылды. Бұл модельдер реакция кинетикасын уақыт пен реагенттер концентрациясына байланысты сипаттауға мүмкіндік береді. Модельдер негізгі параметрлерді (pH, бромид концентрациясы, температура, озон дозасы және байланысу уақыты) өзгерту арқылы алынған эксперименттік деректер негізінде таңдалды.

Псевдобірінші ретті модель бромидтердің төмен концентрациясы және реакция уақыты шектеулі жағдайларда қолданылды, мұнда броматтардың түзілу жылдамдығы реагенттердің бірінің концентрациясына пропорционалды болады. Ал псевдоекінші ретті модель жоғары концентрациялар мен озон дозалары кезінде реакция жылдамдығының концентрацияға тәуелділігі сызықтық емес болғанда қолданылды.

Дәл талдау үшін дифференциалдық теңдеулерді шешудің сандық әдістері қолданылды, олар бірнеше факторлардың өзара әсерін бір уақытта ескеруге мүмкіндік береді. Есептеулер Python (SciPy, NumPy) және MATLAB бағдарламалық құралдарын пайдалану арқылы жүргізілді, бұл кинетикалық қисықтарды құруға және реакция параметрлерін (жылдамдық константалары, жартылай ыдырау кезеңдері және т.б.) анықтауға мүмкіндік берді [6,7].

Алынған модельдер нақты уақыт режимінде бромат концентрациясын болжау және озондау параметрлерін оңтайландыру үшін кинетикалық деректерді пайдаланатын ЖИ-модульдің негізін қалады.

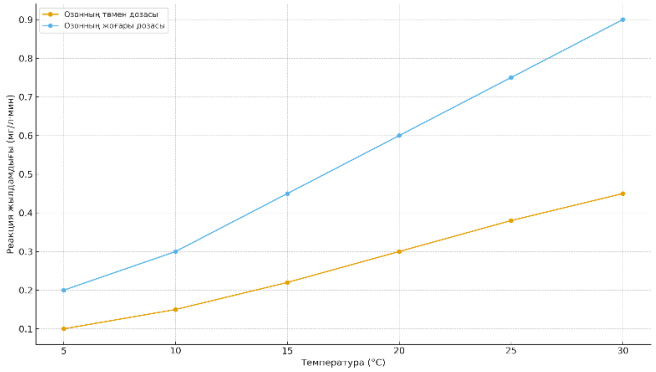
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Зертханалық тәжірибелер мен математикалық модельдеу негізінде суды озондау кезінде броматтардың түзілу механизмдерін тереңірек түсінуге мүмкіндік беретін деректер алынды. Бұл сондай-ақ олардың түзілуін азайтудың әртүрлі тәсілдерінің тиімділігін бағалауға мүмкіндік берді. Төменде зерттеу барысында жасалған негізгі бақылаулар мен қорытындылар келтірілген.

Эксперименттік деректерді талдау броматтардың түзілу қарқындылығы озондау жағдайларына тікелей байланысты екенін растады. Реакцияны жеделдетуге ықпал ететін ең маңызды факторлар – pH деңгейінің жоғарылауы, температураның көтерілуі, озон дозасының артуы және ұзақ уақыттық контакт. pH 8-ден жоғары болғанда BrO_3^- иондарының түзілу жылдамдығы күрт артады, бұл озонның сілтілі ортада тотығу белсенділігінің күшеюімен байланысты.

1-суретте әртүрлі pH мәндерінде броматтардың түзілу кинетикалық қисықтары көрсетілген. pH 9,0 кезінде броматтардың түзілуі pH 6,0-ге қарағанда әлдеқайда жылдам жүретіні көрінеді, бұл озондау процесінде ортаның қышқылдығын бақылаудың маңыздылығын көрсетеді.

Температураның көтерілуі кинетикалық процестерді жеделдетіп, озон мен бромидтердің өзара әрекеттесу жылдамдығын арттырады. Озон дозасы артқан сайын бромидтердің броматтарға дейін тотығу ықтималдығы жоғарылайды.

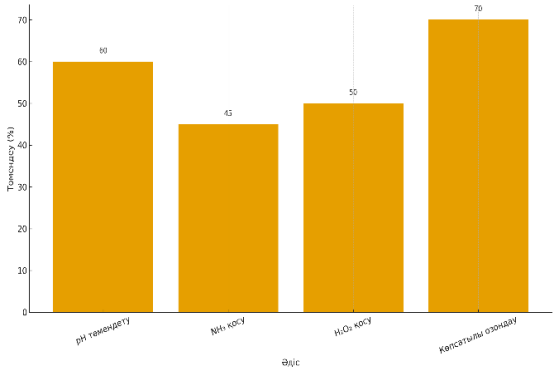
2-суретте төмен және жоғары озон дозасында реакция жылдамдығының температураға тәуелділігі көрсетілген. 30°C кезінде броматтардың түзілу жылдамдығы 10°C-пен салыстырғанда екі есеге жуық жоғары.



Сурет 2. Температураның броматтардың түзілу жылдамдығына әсері

Анықталған заңдылықтарды талдау негізінде броматтардың түзілуін төмендетудің әртүрлі тәсілдері сыналды. Ең тиімді әдістер – реакция жағдайларын өзгерту: pH деңгейін 6,0-6,5 аралығына дейін төмендету, реагенттерді (аммиак, сутек асқын тотығы) қосу, сондай-ақ көпсатылы озондау.

3-суретте осы әдістердің салыстырмалы тиімділігі көрсетілген. Көпсатылы озондау броматтардың концентрациясын 70%-ға дейін төмендетеді, ал аммиак қосу шамамен 45%-ға төмендетеді.



Сурет 3. Броматтардың түзілуін азайту әдістерінің салыстырмалы тиімділігі

Зерттеу аясында әзірленген машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген озондауды басқарудың зияткерлік жүйесі су сапасының өзгермелі жағдайында жоғары тиімділікті көрсетті. Эксперименттік деректер бойынша оқытылған жасанды интеллект моделі бромат концентрациясын болжауда 90 пайыздан жоғары дәлдік көрсетті. Жүйе дәстүрлі басқару әдістерімен салыстырғанда броматтардың түзілуін 30-50 пайызға төмендетуге мүмкіндік берді [8,9]. Ол судың ағымдағы сипаттамаларына байланысты озон дозасын, pH деңгейін және байланысу уақытын автоматты түрде реттеді. Бұл нақты уақыт режимінде процестің тұрақтылығын және қауіпсіздігін қамтамасыз етті, сондай-ақ операторға түсетін жүктемені азайтты.

Осылайша, су тазарту жүйесіне ЖИ интеграциялау тиімділікті арттырып қана қоймай, Арал теңізі аймағына тән тұрақсыз су сапасы жағдайында технологияның тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Қорытынды. Зертханалық эксперименттер мен математикалық модельдеу негізінде суды озондау кезінде броматтардың түзілу механизмдерін тереңірек түсінуге мүмкіндік беретін деректер алынды. Бұл олардың түзілуін азайтуға бағытталған түрлі тәсілдердің тиімділігін бағалауға да мүмкіндік берді. Төменде ұсынылған нәтижелер зерттеу барысында жасалған негізгі бақылаулар мен қорытындыларды көрсетеді.

Эксперименттік деректерді талдау броматтардың түзілу қарқындылығы озондау жағдайларына тікелей тәуелді екенін растады. Реакцияны жеделдететін ең маңызды факторлар – pH-тың жоғарылауы, температураның көтерілуі, озон дозасының артуы және ұзақ байланысу уақыты. Мысалы, pH 8-ден жоғары болғанда BrO_3^- иондарының түзілу жылдамдығы күрт өседі, бұл озонның сілтілі ортада тотығу белсенділігінің артуымен байланысты. Температураның жоғарылауы кинетикалық процестерді жеделдетіп, озон мен бромидтердің өзара әрекеттесу жылдамдығын арттырады. Озон дозасының көбеюі бромидтердің броматтарға дейін тотығу ықтималдығын арттырады, ал озонның ұзақ әсер етуі соңғы тотығу өнімдерінің жиналуына ықпал етеді. Алынған кинетикалық қисықтар (1-сурет) pH 9,0 кезінде броматтардың түзілуі pH 6,0-ге қарағанда әлдеқайда жылдам жүретінін айқын көрсетеді. Бұл озондау процесінде ортаның қышқылдығын бақылаудың маңыздылығын дәлелдейді.

Анықталған заңдылықтарды ескере отырып, броматтардың түзілуін төмендетуге бағытталған түрлі тәсілдер сыналды. Ең тиімді әдістер реакция жағдайларын өзгертуге бағытталған болды. pH-ты 6,0-6,5 диапазонына дейін төмендету броматтардың түзілуін айтарлықтай баяулатады, себебі қышқыл ортада озон бромидтермен әлдеқайда аз әрекеттеседі. Аммиак немесе сутек асқын тотығы сияқты реагенттерді қосу бромның аралық формаларын қалпына келтіруге және олардың броматтарға айналуына жол бермеуге ықпал етеді. Сонымен қатар, аралық сүзгілеумен көпсатылы озондау аралық өнімдерді тиімді жоюға және зиянды қосылыстардың жалпы жиналуын төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл әдістерді су көзінің нақты сипаттамаларына бейімдеуге және автоматтандырылған басқару жүйелеріне интеграциялауға болады.

Процестің тиімділігі мен сенімділігін арттыру үшін машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген озондауды басқарудың зияткерлік жүйесі әзірленді. Эксперименттік деректер бойынша оқытылған жасанды интеллект моделі бромат концентрациясын болжауда жоғары дәлдік көрсетті ($R^2 > 0,9$). Жүйе дәстүрлі басқару әдістерімен салыстырғанда броматтардың түзілуін 30-50 пайызға төмендетуге мүмкіндік берді. Ол судың ағымдағы сипаттамаларына байланысты озон дозасын, pH деңгейін және байланысу уақытын автоматты түрде реттеді. Бұл нақты уақыт режимінде процестің тұрақтылығын және қауіпсіздігін қамтамасыз етті, сондай-ақ операторға түсетін жүктемені азайтты.

Осылайша, зерттеу нәтижелері эксперименттік тәсіл, математикалық модельдеу және зияткерлік технологияларды біріктіру броматтардың түзілу процесін тереңірек түсінуге ғана емес, сонымен қатар оларды нақты су тазарту жағдайында тиімді басқаруға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Яншина, М.С. Озонирование воды [Текст] / М. С. Яншина // Гигиена и санитария. – 1946. – №5. – С. 6-10.

2. Леванов, А.В. Кинетика и механизм взаимодействия озона с хлорид-ионами [Текст] / А.В. Леванов, О.Я. Исайкина, В.В. Лунин // Физикалық химия журналы. – 2019. – Т. 93. – № 9. – С. 1328-1337.
3. Курбатов, А.Ю. О перспективности использования озона в процессах децентрализованного обеззараживания и обезжелезивания артезианских вод [Текст] / А.Ю. Курбатов, Е.Н. Кузин, Ю.М. Аверина, М.А. Ветрова // Экологиялық технологиялар журналы. – 2020. – Т. 34. – №6 (229). – С. 54-56.
4. Beltrán F.J. et al. Kinetics of ozone decomposition catalyzed by activated carbon in water // Proceedings of the 15th World Ozone Congress, IOA, London, 2001.
5. Баженов, В.И. Роль искусственного интеллекта в предотвращении утечек воды из сетей водоснабжения [Текст] / В.И. Баженов, О.Г. Примин, В.В. Баженов // Строительство: наука и образование. – 2024. – Т. 14. – № 4. – С. 98-111.
6. Duguet J. P. Drinking water disinfection during the 20th century and the future for ozone // IOA World Congress, London, 2001.
7. Марков, К.К. Образование побочных продуктов при озонировании воды / К.К. Марков, А.К. Марков. – Презентация. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ppt-online.org. (дата обращения: 25.11.2025).
8. Prendiville P. Water treatment process improvement by pre-ozonation: experiences from the USA // IOA World Congress, London, 2001.
9. Lean Center. Artificial intelligence and innovations in water treatment and water supply. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: lean-center.ru.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған AP26199445 «Суды озондау арқылы өңдеудің интеллектуалды жүйесін әзірлеу» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 30.10.25 түсті, 17.11.25 қабылданды.

Ш.М. Умбетова[1], У. Умбетов[2], Г.Б. Құрманбаев[3], З.А. Баймаханова[1], Ж.С. Асанова[1]

[1]Кызылординский университет им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан
[2]Университет Болашақ, Кызылорда, Казахстан
[3]Кызылординский открытый университет, Кызылорда, Казахстан

ОБРАЗОВАНИЕ БРОМАТОВ ПРИ ОЗОНИРОВАНИИ ВОДЫ И УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. В данной статье рассмотрен механизм образования броматов в процессе озонирования воды и исследована их кинетика. Определено влияние основных факторов, таких как уровень pH, температура, доза озона и время контакта. Рассмотрены методы, направленные на снижение образования броматов, среди которых снижение pH, добавление реагентов и многоступенчатое озонирование показали наибольшую эффективность. Кроме того, разработана интеллектуальная система управления на основе искусственного интеллекта. Эта система позволяет анализировать качество воды в режиме реального времени, прогнозировать образование броматов и автоматически оптимизировать параметры озонирования. Полученные результаты направлены на повышение эффективности и надежности технологии в условиях нестабильного качества воды, характерного для региона Аральского моря.

Ключевые слова: озонирование воды, броматы, кинетика, искусственный интеллект, интеллектуальная система, водоочистка.

Sh.M. Umbetova[1], U. Umbetov[2], G.B. Kurmanbayev[3], Z.A. Baymakhanova[1], Zh.S. Asanova[1]

[1]Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan
[2]Bolashak University, Kyzylorda, Kazakhstan
[3]Kyzylorda Open University, Kyzylorda, Kazakhstan

FORMATION OF BROMATES DURING WATER OZONATION AND AI-BASED CONTROL

Abstract. This article examines the mechanism of bromate formation during the water ozonation process and investigates their kinetics. The influence of key factors such as pH level, temperature, ozone dose, and contact time has been determined. Methods aimed at reducing bromate formation are discussed, among which lowering pH, adding reagents, and multi-stage ozonation proved to be the most effective. In addition, an intelligent control system based on artificial intelligence was developed. This system enables real-time analysis of water quality, prediction of bromate formation, and automatic optimization of ozonation parameters. The results obtained are aimed at improving the efficiency and reliability of the technology under conditions of unstable water quality typical for the Aral Sea region.

Keywords: water ozonation, bromates, kinetics, artificial intelligence, intelligent system, water purification.

References

1. Yanshina, M.S. Ozonirovanie vody [Ozonation of water] // Hygiene and Sanitation. – 1946. – No. 5. – P. 6-10. [in Russian].
2. Levanov A.V., Isaikina O.Y., Lunin V.V. Kinetika i mekhanizm vzaimodeĭstviya ozona s khlorid-ionami [Kinetics and mechanism of the interaction of ozone with chloride ions] // Journal of Physical Chemistry. – 2019. – Vol. 93. – No. 9. – P. 1328-1337. [in Russian].
3. Kurbatov A.Y., Kuzin E.N., Averina Y.M., Vetrova M.A. O perspektivnosti ispol'zovaniya ozona v protsessakh detsentralizovannogo obezzarazhivaniya i obezzhelezivaniya artezianskikh vod [On the prospects of using ozone in decentralized disinfection and deferrization processes of artesian waters] // Journal of Ecological Technologies. – 2020. – Vol. 34. – No. 6 (229). – P. 54-56. [in Russian].
4. Beltrán, F.J. et al. Kinetics of ozone decomposition catalyzed by activated carbon in water // Proceedings of the 15th World Ozone Congress, IOA, London, 2001.
5. Bazhenov V.I., Primin O.G., Bazhenov V.V. Rol' iskusstvennogo intellekta v predotvrashchenii utechek vody iz seteĭ vodosnabzheniya [The role of artificial intelligence in preventing water leaks from water supply networks] // Construction: Science and Education. – 2024. – Vol. 14. – No. 4. – P. 98-111. [in Russian].
6. Duguet, J.P. Drinking water disinfection during the 20th century and the future for ozone // IOA World Congress, London, 2001.
7. Markov K.K., Markov A.K. Obrazovanie pobochnykh produktov pri ozonirovanii vody [Formation of by-products during water ozonation] – Presentation. – [Electronic resource]. – Access mode: ppt-online.org. [in Russian].
8. Prendiville, P. Water treatment process improvement by pre-ozonation: experiences from the USA // IOA World Congress, London, 2001.
9. Lean Center. Artificial intelligence and innovations in water treatment and water supply. – [Electronic resource]. – Access mode: lean-center.ru.

ҒТАМР 61.33.39

Ж.М. Алтыбаев[1] – *негізгі автор*,
Б.Т. Омаров[2], Н.Х. Умирзахова[3], Б.Н. Тәжбенова[4], М.М. Ескермесова[5], Г.Е. Калымбетов[6]

[1]PhD, доцент, [2]PhD, [3]Магистр, [4,6]Докторант, [5]Кіші ғылыми қызметкер

ORCİD [1]https://orcid.org/0000-0001-9091-4575 [2]https://orcid.org/0000-0003-1903-8466
[3]https://orcid.org/0009-0002-1919-5509 [4]https://orcid.org/0009-0004-0453-4314
[5]https://orcid.org/0009-0003-0057-6413 [6]https://orcid.org/0000-0002-0983-2044

[1,2,3,4,5,6]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті,
Шымкент, Қазақстан

@ [6]gani_himik@mail.ru

©

https://doi.org/10.55956/TRBK7955

ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚАЙТА ӨҢДЕУДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗ ТӘЖІРИБЕЛІК ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аңдатпа. Бұл зерттеу жұмысында Түркістан облысында ірі қара малдың жаңа көңін химиялық өңдеу арқылы биогумус өндірісіне дайындау технологиясы зерттелді. Зерттеудің мақсаты – бастапқы шикізаттың санитарлық қауіпсіздігін қамтамасыз ете отырып, оның агрохимиялық және микробиологиялық сапасын арттыру. Бастапқы көңнің физика-химиялық (ылғалдылық – 72,4%, pH – 7,2, жалпы N – 1,15%, P_2O_5 – 0,72%, K_2O – 0,95%, органикалық заттар – 68,5%, C:N ≈ 25:1) және микробиологиялық құрамдары (*Escherichia coli* – $2{,}1\times10^6$ КТБ/г, *Salmonella spp*. оң, гельминт жұмыртқалары – 15-20 дана/г) анықталды. Алдын ала өңдеу үшін 5% массалық үлеспен кальций гидроксидінің ($Ca(OH)_2$) 10% сулы суспензиясы қолданылды. Өңдеу барысында ортаның pH 11–12 деңгейіне көтеріліп, патогендер саны айтарлықтай төмендеді. Химиялық дезинфекциядан кейінгі компосттану кезеңінде микроб саны экспоненциалды түрде азайып, дайын биогумуста $1{,}0\times10^3$ КТБ/г деңгейіне жетті, бұл санитарлық-гигиеналық нормативтерге сай келеді. Зерттеу нәтижелері көңді химиялық өңдеу биогумус алу мерзімін қысқартып, қоректік элементтер құрамын (N, P, K) 10–25%-ға арттыратынын көрсетті. Бұл технология ауыл шаруашылығында экологиялық қауіпсіз, минералдарға бай органикалық тыңайтқыш өндіруге мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: биогумус, органикалық қалдықтар, химиялық өңдеу, кальций гидроксиді, микробиологиялық талдау, экологиялық қауіпсіздік, вермикомпост, топырақ құнарлылығы.

Алтыбаев, Ж.М. Органикалық қалдықтарды қайта өңдеудің экологиялық қауіпсіз тәжірибелік технологиясы [Мәтін] / Ж.М. Алтыбаев, Б.Т. Омаров, Н.Х. Умирзахова, Б.Н. Тәжбенова, М.М. Ескермесова, Г.Е. Калымбетов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.344-358. https://doi.org/10.55956/TRBK7955

Кіріспе. Соңғы онжылдықта ауыл шаруашылығында топырақтың құнарлылығын сақтау және экологиялық тепе-теңдікті қамтамасыз ету мәселесі алдыңғы қатарға шықты [1]. Минералдық тыңайтқыштардың шамадан тыс қолданылуы топырақтың қышқылдығын арттырып, оның

құрылымын бұзады және қоршаған ортаға теріс әсер етеді [2]. Осыған байланысты, экологиялық қауіпсіз, тұрақты және тиімді органикалық тыңайтқыштарға сұраныс жылдан жылға артып келеді. Солардың ішінде биогумус – агрономиялық тұрғыдан ең тиімді тыңайтқыштардың бірі болып саналады [3].

Биогумус – органикалық қалдықтарды жауынқұрттар (*Eisenia fetida*) мен пайдалы микроағзалардың көмегімен биологиялық қайта өңдеу нәтижесінде алынатын, өсімдіктер үшін қолжетімді макро- және микроэлементтерге бай тыңайтқыш [4,5]. Оның құрамында азот, фосфор, калий, кальций, магний сияқты маңызды қоректік заттардан бөлек, өсімдіктердің өсуін ынталандыратын гумин қышқылдары мен ферменттер бар [6]. Зерттеулер көрсеткендей, биогумус топырақтың физикалық қасиеттерін жақсартады, су ұстау қабілетін арттырады және өсімдік тамырларының қоректік заттарды сіңіруін күшейтеді [7,8].

Биогумустың сапасы мен тиімділігі көбіне бастапқы шикізаттың түріне және оны өңдеу технологиясына байланысты. Өндірісте ең жиі қолданылатын шикізат – мал көңі, әсіресе ірі қара малдың көңі [9]. Оның құрамында органикалық заттардың мөлшері жоғары, бірақ санитарлық-гигиеналық тұрғыдан қауіпті болуы мүмкін: патогендік бактериялар (*E. coli, Salmonella spp.*), ішек таяқшалары, арамшөп тұқымдары және жағымсыз иіс тудыратын ұшпа қосылыстар кездеседі [10,11]. Бұл факторлар өңделмеген көңді тікелей биогумус өндірісінде қолдануға мүмкіндік бермейді.

Көңді алдын ала өңдеудің бірнеше әдістері бар: термоөңдеу, биологиялық (компосттау), механикалық және химиялық өңдеу [12]. Олардың ішінде химиялық өңдеу әдісі тиімділігімен ерекшеленеді, себебі ол бір мезетте бірнеше міндетті шешеді: санитарлық қауіпсіздікті қамтамасыз етеді, өйткені әк ($Ca(OH)_2$) сияқты сілтілік реагенттер патогендерді жояды; минералдық құрамды байытады, себебі суперфосфат фосфор қорының артуына ықпал етеді; микроэлементтермен толықтырады, мысалы, магний сульфаты топырақтағы магний тапшылығын жояды; сондай-ақ иісті бейтараптандырады, яғни аммиак пен күкіртсутек бөлінуін азайтады [13-15].

Ғылыми зерттеулер көрсеткендей, химиялық алдын ала өңделген көңді вермикомпостта қолдану биогумус алу мерзімін 15–20%-ға қысқартады, ал дайын өнімнің азот, фосфор және калий мөлшері орта есеппен 10–25%-ға жоғары болады [16,17]. Сонымен қатар, мұндай биогумус топырақтың микробиологиялық белсенділігін арттырып, ауыл шаруашылығында өсімдіктердің өнімділігін 12–18%-ға арттырғаны дәлелденген [18].

Осылайша, көңді химиялық өңдеу – биогумус өндірісінде сапалы, экологиялық қауіпсіз және қоректік заттарға бай шикізат алудың маңызды технологиялық кезеңі болып табылады. Бұл әдіс ауыл шаруашылығында органикалық тыңайтқыштар өндірісін жетілдіруге және тұрақты егіншілік принциптерін іске асыруға ықпал етеді.

Зерттеудің мақсаты – бастапқы шикізаттың санитарлық қауіпсіздігін қамтамасыз ете отырып, оның агрохимиялық және микробиологиялық сапасын арттыру.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмысы Түркістан облысынды ауыл шаруашылығына бейімделген аймақтық ерекшеліктерін ескере отырып жүргізілді. Аймақ климаты күрт континенттік, жазы ұзақ, ыстық әрі құрғақ, ал қысы салыстырмалы түрде қысқа және жұмсақ болып келеді. Жазғы маусымда тәуліктік орташа температура +26 - +28°C аралығында, ең жоғарғы мәні +40°C-қа дейін көтерілуі мүмкін. Қысқы

кезеңде орташа температура –1…–3°C шамасында сақталады. Жылдық жауын-шашын мөлшері 250–350 мм, оның басым бөлігі көктем мен күзде түседі. Мұндай климат көңнің табиғи ылғалдылығы мен микробиологиялық белсенділігін, сондай-ақ биогумус өндірісінде жүретін биохимиялық процестердің жылдамдығын анықтайды.

Зерттеуге алынған шикізат – ірі қара малдың жаңа жиналған көңі – аймақтағы отбасылық мал шаруашылығы қожалығынан тікелей алынды. Мал рационындағы негізгі азық түрлері – жоңышқа (*Medicago sativa*), жүгері (*Zea mays*) сүрлемі, бидай (*Triticum aestivum*) сабаны және минералдық қоспалар. Бұл азық құрамындағы қоректік элементтер көңнің агрохимиялық құндылығына тікелей әсер етеді.

Көңнің бастапқы физика-химиялық сипаттамалары**:**

- Ылғалдылық – 72,4 ± 1,3%;
- pH – 7,2 ± 0,1;
- Жалпы азот (N) – 1,15 ± 0,04%;
- Жылжымалы фосфор (P_2O_5) – 0,72 ± 0,03%;
- Жылжымалы калий (K_2O) – 0,95 ± 0,02%;
- Органикалық заттар – 68,5 ± 1,5% құрғақ затқа шаққанда;
- Көміртек:Азот (C:N) қатынасы – шамамен 25:1, бұл вермикомпост процесіне қолайлы диапазон.

Микробиологиялық құрамына жүргізілген зерттеу нәтижелері көңнің санитарлық қауіптілігін растады: жаңа көңде *Escherichia coli* мөлшері $2{,}1\times10^6$ КТБ/г (КТБ/г – грамға шаққандағы колония түзуші бірлік) деңгейінде анықталды; *Salmonella spp.* сынамасы оң нәтиже берді; гельминт жұмыртқалары (*Ascaris spp., Trichuris spp*.) саны 15–20 дана/г құрады; ал жалпы аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдер саны $4{,}5\times10^7$ КТБ/г деңгейінде болды.

Көң биогумус өндірісі үшін тиімді шикізат болып табылады, себебі оның құрамында өсімдіктер үшін қолжетімді макроэлементтермен қатар (N, P, K), кальций, магний, темір және мырыш сияқты микроэлементтер де кездеседі. Сонымен қатар, органикалық фракциясының жоғары болуы оны жауынқұрттар (*Eisenia fetida*) арқылы өңдеуге қолайлы етеді.

Шикізатты жинау және сақтау шарттарына тоқталатын болсақ, көңді жинау процесі гигиеналық талаптарға сәйкес жүргізілді. Жинау үшін тот баспайтын болаттан жасалған күрек пен арнайы дөңгелекті арбалар пайдаланылды. Жиналған көң ластанудан және бөгде қоспалардан (тас, пластик, металл сынықтары) толық тазартылды. Әр партия бірден көлеңкелі, жауын-шашыннан қорғалған және табиғи желдеткіші бар ашық қоймаға жеткізілді.

Сақтау кезінде көңнің ылғалдылығы мен температурасы тұрақты бақылауда болды. Ылғалдылықтың 70%-дан төмен түсуіне жол берілмеді, себебі бұл микроорганизмдердің белсенділігін төмендетеді. Артық ылғалдануды болдырмау үшін төсеніш ретінде ағаш жаңқасы мен сабан қабаты қолданылды.

1-суретте Түркістан облысы, Сайрам ауданындағы қожалықтан жаңа жиналған, сабан және жоңышқа қалдықтары аралас, ашық қоңыр түсті көң үйінділері көрсетілген.



Сурет 1. Түркістан облысы, Сайрам ауданындағы қожалықтан жиналған жаңа көңнің сыртқы көрінісі

Зерттеу жұмысы 2024–2025 жж. аралығында Түркістан облысындағы жеке қожалық базасында жүргізілді. Жиналған ірі қара малдың жаңа көңі биогумус өндіруге дейін алдын ала химиялық өңдеуден өткізілді.

Көң жинау мал қорасынан тікелей тот баспайтын болаттан жасалған құралдармен жүргізілді. Шикізат арнайы көлеңкелі, жауын-шашыннан қорғалған қоймада 3 тәулік сақталды. Үлгілердің біртекті болуын қамтамасыз ету үшін көң механикалық ұсақтағышта (зернодробилка типті, айналу жылдамдығы 1500 айн/мин) ұсақталды.

Жаңа жиналған көңнің құрамында әртүрлі патогенді микроорганизмдер (*Escherichia coli, Salmonella spp., Clostridium perfringens*), гельминт жұмыртқалары, личинкалар және арамшөп тұқымдары сақталуы мүмкін, бұл биогумус сапасын төмендетіп қана қоймай, ауыл шаруашылығында қолдану кезінде санитарлық-эпидемиологиялық тұрғыдан қауіпті жағдай туғызады [18,19]. Осы себепті биогумус өндірісінің бастапқы сатысында шикізатты міндетті түрде химиялық өңдеуден өткізу қажет. Бұл зерттеуде негізгі дезинфекциялаушы реагент ретінде кальций гидроксиді (*$Ca(OH)_2$*, әк сүті) пайдаланылды. Оның басты артықшылықтары – қолжетімділігі, бағасының төмендігі, қоршаған ортаға қауіптілігінің аздығы, күшті сілтілік әсері арқылы патогендердің белсенділігін жою мүмкіндігі және органикалық заттармен әрекеттесіп, гумус түзуге қажетті минералдық қосылыстар түзу қабілеті [20].

Химиялық өңдеу алдында көң механикалық ұсақтаудан өткізіліп, реагенттің біркелкі таралуына жағдай жасалды. Үлгілердің ылғалдылығы 65–70% деңгейінде ұсталды, өйткені тым құрғақ ортада реакция баяулайды, ал тым ылғалды жағдайда реагент концентрациясы төмендейді [21]. Кальций гидроксиді алдын ала 10% сулы суспензия түрінде дайындалып, ерітінді температурасы 20±2°C шамасында сақталды. Шикізат массасына шаққанда $Ca(OH)_2$ мөлшері 50 г/кг (5% массалық үлес) деңгейінде енгізілді. $Ca(OH)_2$ суда еріген кезде гидроксид иондары (OH^-) бөлініп, ортаның pH-ын 11–12 деңгейіне көтереді:

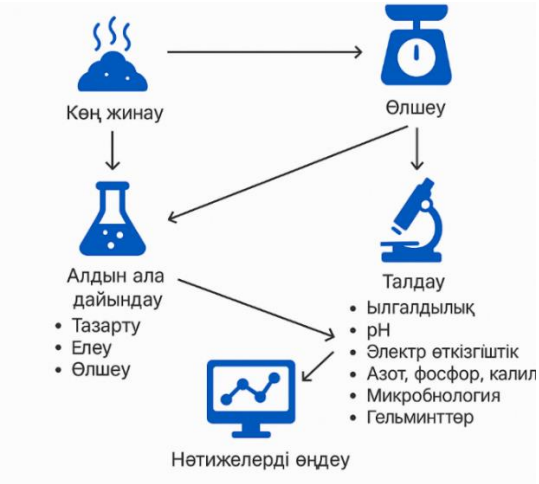
$$Ca(OH)_2 \xrightarrow{H2O} Ca^{2+} + 2OH^-$$

Мұндай сілтілік ортада көптеген бактериялардың ферменттері денатурацияға ұшырап, гельминт жұмыртқаларының қабықшалары бұзылады [22]. Сонымен қатар кальций органикалық қышқылдармен әрекеттесіп, кальций тұздарын түзеді, бұл биогумустың минералдық құрамын байытады:

$$2R{-}COOH+Ca(OH)_2 \rightarrow (R{-}COO)_2Ca+2H_2O$$

Ерітінді мен көң қоспасы механикалық араластырғышпен 15 минут бойы араластырылып, жабық, бірақ ауа айналымы бар жағдайда 24 сағат ұсталды. Экспозиция аяқталған соң pH біртіндеп 7,5–8,0 деңгейіне жеткізілді, ол үшін бейтараптандыру мақсатында фосфатты тыңайтқыш ерітіндісі қосылды. Бұл процесс вермикультура (*Eisenia fetida*) үшін қолайлы ортаны қамтамасыз етті. Өңдеу барысындағы негізгі параметрлерге 65–70% ылғалдылық, 50 г/кг реагент мөлшері, бастапқы pH 11–12, экспозиция уақыты 24 сағат және соңғы pH 7,5–8,0 жатады, бұл толық дезинфекцияны және кейінгі биоконверсия процесінің тиімділігін қамтамасыз етті.

Түркістан облысыда жиналған жаңа ірі қара мал көңі және оны химиялық өңдеу барысында алынған барлық аралық үлгілердің физика-химиялық қасиеттері Қазақстан Республикасының ұлттық стандарттары (ҚР СТ), Мемлекеттік стандарттар (ГОСТ) және халықаралық стандарттар (ISO) талаптарына сәйкес кешенді түрде талданды. Биогумус шикізатын зертханалық физика-химиялық талдау сызбасы 2 суретте көрсетілген.



Сурет 2. Биогумус шикізатын зертханалық физика-химиялық талдау сызбасы

Алдын ала үлгілер ірі механикалық қоспалардан қолмен тазартылып, бөлшектердің біркелкілігін қамтамасыз ету үшін 2 мм тесікті електен өткізілді, бұл зерттеу нәтижелерінің қайталанғыштығын арттырады. Ылғалдылық мөлшері ГОСТ 26713-85 [23] бойынша термогравиметриялық әдіспен анықталды: 5,000±0,001 г дәлдікпен өлшенген үлгілер BINDER FD53 типті кептіргіш шкафта 105±2°C температурада тұрақты массаға жеткенше кептірілді, нәтижелер $W=m_1-m_2/m_1\times100\%$ формуласы бойынша есептелді, әдістің өлшеу дәлдігі ±0,5 %. pH және электр өткізгіштік ISO 10390:2005 [24] стандартына сәйкес су-экстракциялық әдіспен (1:10 қатынасында, дистилденген суда) анықталды, Hanna HI 2211 pH-метрі (дәлдігі ±0,01 pH бірлік) және HANNA HI 993310 EC-метрі (диапазоны 0–3999 µS/см) қолданылды, өлшеулер 20±2°C температурада жүргізілді. Жалпы азот мөлшері ГОСТ 26107-84 [25] бойынша Кьельдал әдісімен анықталып, минералдау кезеңінде катализатор ретінде K_2SO_4 және $CuSO_4$ (мас. қатынасы 9:1) қоспасы пайдаланылды, реакция күкірт қышқылының артық мөлшерінде жүргізілді, түзілген аммиак бор қышқылында абсорбцияланып, 0,1 н HCl

ерітіндісімен автоматты бюреткада титрленді. Жалпы фосфор (P_2O_5) мөлшері ГОСТ 26261-84 [26] талаптарына сәйкес молибден-көк комплексті фотоколориметриялық әдіспен анықталып, алдын ала минералдау HNO_3 және HCl (3:1) қоспасында жүргізілді, түс қарқындылығы SF-2000 спектрофотометрымен λ = 440 нм толқын ұзындығында өлшенді. Жалпы калий (K_2O) мөлшері ГОСТ 26205-91 [27] стандарты бойынша PFP7 Flame Photometer (Ұлыбритания) аспабында жалындық фотометрия әдісімен анықталды, калибрлеу 0, 5, 10, 20 және 50 мг/л K^+ концентрациялы стандартты KCl ерітінділерімен жүргізілді. Органикалық заттардың үлесі ГОСТ 26714-85 [28] бойынша муфель пешінде (Nabertherm L9/11/B410, Германия) 550°C температурада 4 сағат бойы толық жандыру арқылы анықталды, айырма арқылы күлділігі есептелді. Микробиологиялық көрсеткіштер ҚР ДСМ №209 бұйрығы [29] негізінде зерттелді: жалпы колиформалар саны (КТБ/г), *Escherichia coli* және *Salmonella spp.* бар-жоғы ет-пептонды агарда егу және 37±1°C температурада 24–48 сағат инкубациялау арқылы есептелді; нәтиже колония түзуші бірліктер (КТБ/г) түрінде берілді. Гельминт жұмыртқалары ГОСТ 25311-82 [30] бойынша флотациялық әдіспен анықталды: $NaNO_3$ ерітіндісінің тығыздығы ρ = 1,30 г/см³, центрифугалау жылдамдығы 1500 айн/мин, экспозиция уақыты 10 мин, микроскоптау Motic BA310 зертханалық микроскопымен 40× үлкейту режимінде жүргізілді. Барлық өлшеулер үш рет қайталанып, нәтижелердің орташа арифметикалық мәндері ±стандарттық ауытқуымен берілді, деректерді өңдеу үшін Microsoft Excel 2021 және OriginPro 2023 бағдарламалары қолданылды.

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

1. Кьельдал әдісінде азотты анықтау:

$$(NH_2)_2CO + H_2SO_4 \xrightarrow{\text{катализатор+t}} (NH_4)_2SO_4 + CO_2$$

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow 2NH_3\uparrow + Na_2SO_4 + 2H_2O$$

$$NH_3 + H_3BO_3 \rightarrow NH_4^+ + B(OH)_4^-$$

Титрлеу кезінде:

$$B(OH)_4^- + HCl \rightarrow B(OH)_3 + Cl^- + H_2O$$

2. Молибден-көк әдісімен фосфорды анықтау:

$$PO_4^{3-} + 12MoO_4^{2-} + 27H^+ \rightarrow [PMo_{12}O_{40}]^{3-} + 12H_2O$$

Қалпына келтіру (аскорбин қышқылы):

$$[PMo_{12}O_{40}]^{3-} + Red \rightarrow \text{Көк комплексті қосылыс}$$

Жалындық фотометрияда калийді анықтау:

$$K+ \xrightarrow{\text{жалыны}} K^* \xrightarrow{\text{релаксация}} h\nu \ (\lambda = 766{,}5 \text{ нм})$$

pH және электр өткізгіштік – су-экстракциялық әдіспен (1:10, массалық қатынас) өлшенді. pH Hanna HI 2211 pH-метрімен, электр өткізгіштік HANNA HI 993310 EC-метрімен анықталды (ISO 10390:2005) [24].

Жалпы азот – Кьельдал әдісімен (ГОСТ 26107-84) [25]. Минералдау күкірт қышқылында жүргізілді, катализатор ретінде K_2SO_4 + $CuSO_4$ қоспасы қолданылды, түзілген аммиак бор қышқылына абсорбцияланып, 0,1 н HCl ерітіндісімен титрленді.

Жалпы фосфор (P_2O_5) – молибден-көк комплексті фотоколориметриялық әдіспен (λ = 440 нм, SF-2000 спектрофотометры) анықталды, алдын ала минералдау HNO_3 + HCl (3:1) қоспасында жүргізілді (ГОСТ 26261-84) [26].

Жалпы калий (K_2O) – жалындық фотометрия әдісімен, PFP7 Flame Photometer (UK) аспабында, стандартты KCl ерітінділерімен калибрленіп өлшенді (ГОСТ 26205-91) [27].

Органикалық заттардың мөлшері – муфель пешінде 550 °C температурада күйдіру арқылы анықталды, айырма арқылы күлділігі есептелді (ГОСТ 26714-85) [28].

Микробиологиялық көрсеткіштер – жалпы коли-формалар саны (КТБ/г), *Escherichia coli* және *Salmonella spp.* бар-жоғы ҚР ДСМ №209 бұйрығына сәйкес анықталды [29]. КОЕ мәндері қоректік агарда егу және 37 °C температурада 24–48 сағат инкубациялау арқылы есептелді.

Гельминт жұмыртқалары – ГОСТ 25311-82 бойынша флотациялық әдіспен ($NaNO_3$ ерітіндісі, ρ = 1,3 г/см³) анықталды [30].

Микробиологиялық талдау әдістері (кесте 2) бойынша биогумус шикізатының микробиологиялық көрсеткіштерін анықтау үшін зерттеу үлгілері Түркістан облысы, Сайрам ауданындағы қожалықтардан жиналып, 4°C температурада стерильді контейнерлерде зертханаға жеткізілді. Талдау жұмыстары ҚР ДСМ №209 «Өнімдердің микробиологиялық қауіпсіздігіне қойылатын санитарлық-эпидемиологиялық талаптар» (2021) және ISO 7218:2007 «Microbiology of food and animal feeding stuffs – General requirements and guidance for microbiological examinations» халықаралық стандартына сәйкес жүргізілді.

Зерттеудің негізгі мақсаты – биогумус шикізатындағы жалпы микробтық санды (КТБ/г), санитарлық-індеттік маңызы бар бактерияларды (*E. coli, Salmonella spp., Enterococcus spp*.) және патогенді емес, бірақ биологиялық белсенді топтарды (*Azotobacter, Actinobacteria*) анықтау.

Талдау кезеңдері:

1. Суспензия дайындау – 10 г көң 90 мл стерильді физиологиялық ерітіндіге (0,85 % NaCl) қосылып, гомогенизаторда 3 минут өңделді.

2. Серіктік егу – ЕПА (ет-пептонды агар), Эндо, Сабуро, Мак-Конки, КАА (картофельді агар) орталарында егу жүргізілді.

3. Инкубация – 37 °C (бактериялар үшін) және 28°C (саңырауқұлақтар мен актиномицеттер үшін) температурада 24–72 сағат ұстау.

4. Колония санау – Петри табақшаларындағы өскен колониялар саналып, КТБ/г түрінде есептелді:

$$\text{КТБ/г} = \frac{\text{ортадағы колония саны} \times \text{сұйылту коэффициенті}}{\text{салмақ (г)}} \quad (2)$$

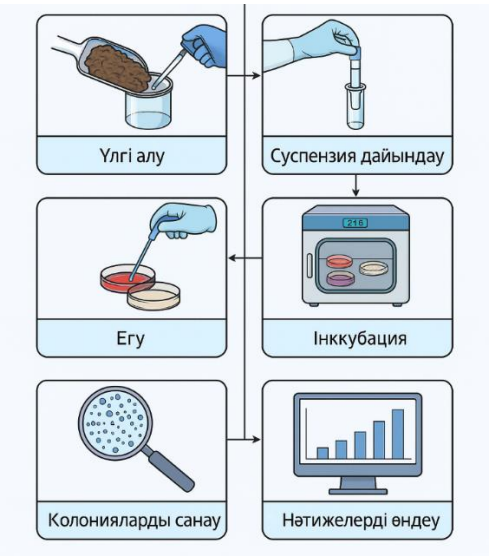
Идентификация – Грам әдісімен бояу, оксидаза және каталаза сынақтары, биохимиялық идентификация (API test strips).

Кесте 2

Микробиологиялық талдау әдістері мен нәтижелерді тіркеу форматы

№	Мақсатты микроорганизм	Қоректік орта	Инкубация шарттары	Нәтиже көрсеткіші	Норматив (КТБ/г)
1	Жалпы микробтық сан (ЖМС)	ЕПА	37°C, 48 сағ	КТБ/г	≤ 1×10⁶
2	*E. coli*	Эндо	37°C, 24 сағ	КТБ/г	0
3	*Salmonella spp.*	Раппопорт агар	37°C, 48 сағ	Болуы/болмауы	Болмауы тиіс
4	*Enterococcus spp.*	КАА	37°C, 24 сағ	КТБ/г	≤ 1×10²
5	*Azotobacter*	Ашби агар	28°C, 72 сағ	КТБ/г	-
6	*Actinobacteria*	Сабуро агар	28°C, 72 сағ	КТБ/г	-

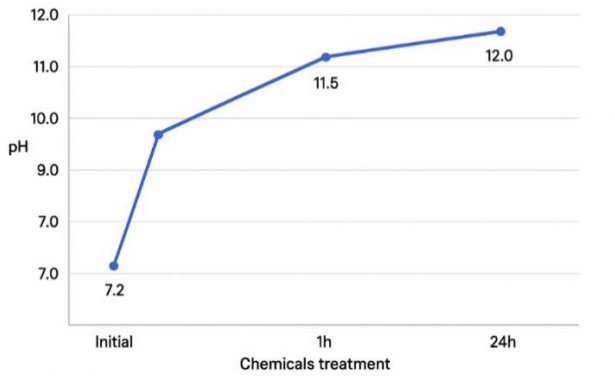
3-суретте бастапқы шикізаттан (жаңа көң) сынама алу, сынаманы стерильді ыдысқа салу және зертханаға жеткізу кезеңдері көрсетілген. Әрі қарай зертханалық жағдайда микроорганизмдерді бөліп алу үшін стандартталған қоректік орталарға (Эндо, Сабуро, МПА) егу әдісі жүргізіледі. Инкубациядан кейін колониялар саналады, морфологиялық және биохимиялық сәйкестендіру әдістері қолданылады. Қорытындысында патогенді микроорганизмдердің (*Escherichia coli, Salmonella spp*.), жалпы аэробты және факультативті анаэробты бактериялар саны, сондай-ақ гельминт жұмыртқаларының болуы анықталады.



Сурет 3. Биогумус шикізатының микробиологиялық талдау сызбасы

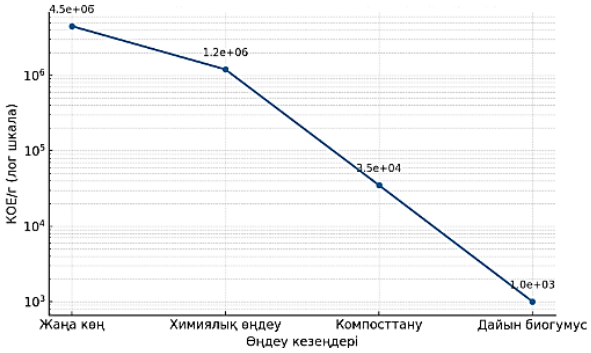
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Көңнің химиялық өңдеуден кейінгі pH өзгерісі оның құрамындағы органикалық және минералдық заттардың трансформациясына тікелей байланысты. Бастапқы кезеңде көң құрамындағы аммонийлі қосылыстардың ыдырауы және сілтілік реагенттердің әсері нәтижесінде pH мәні жоғарылауы мүмкін, бұл ортада аммиак бөлінуімен түсіндіріледі. Ал қышқылдық реагенттер қолданылған жағдайда керісінше pH төмендеп, қышқыл орта қалыптасады. Өңдеу процесінің келесі сатыларында органикалық заттардың биодеградациясы, карбонаттардың еруі, ұшпа қышқылдардың түзілуі және оларды

микроорганизмдердің тұтынуы pH мәнінің біртіндеп өзгеруіне әкеледі. Уақыт өте келе бұл өзгерістер бәсеңдеп, pH белгілі бір тұрақты мәнге жетеді, бұл жүйеде химиялық және микробиологиялық тепе-теңдік орнағанын білдіреді. Мұндай тұрақтану биогумус түзілуінің аяқталуына және оның топыраққа енгізілгенде тұрақты агрохимиялық әсер беруіне мүмкіндік береді. Сонымен қатар pH динамикасын бақылау өңдеу процесінің тиімділігін бағалауда және өнім сапасын тұрақты деңгейде қамтамасыз етуде маңызды көрсеткіш болып саналады. Көңнің химиялық өңдеуден кейінгі pH өзгерісі төмендегі 4 суретте келтірілген.



Сурет 4. Көңнің химиялық өңдеуден кейінгі pH өзгерісі

Төмендегі 5 суретте келтірілген график биогумус өндірісіндегі микробиологиялық қауіпсіздіктің қалыптасу динамикасын нақты бейнелейді және әрбір технологиялық кезеңнің микробтық ластануды азайтудағы үлесін сандық тұрғыдан бағалауға мүмкіндік береді. Бастапқыда, жаңа көңде микроб саны 4.5×1064.5 \times 10^64.5×106 КТБ/г шамасында болады, бұл көңнің табиғи органикалық құрылымы мен құрамында азотты және көміртекті қосылыстардың, сондай-ақ ылғалдың жеткілікті мөлшерінің болуына байланысты микроорганизмдердің, соның ішінде шартты-патогенді және патогенді түрлердің белсенді көбеюіне қолайлы орта қалыптасқанын көрсетеді [31].



Сурет 5. Биогумус шикізатындағы микробтық санның өзгерісі

Химиялық өңдеу кезеңінде микробтық сан 1.2×1061.2 \times 10^61.2×106 КТБ/г-ға дейін төмендейді, бұл қолданылған реагенттердің

(мысалы, сілтілі ерітінділердің немесе әк сүтінің) микробтық жасуша қабырғалары мен мембраналарын бұзып, олардың тіршілік ету қабілетін жою әсерінің нәтижесі болып табылады [32]. Бұл кезеңде әсіресе сальмонелла, ішек таяқшалары сияқты қауіпті бактериялардың саны айтарлықтай азаяды, бірақ толық жойылмайды, сондықтан қосымша өңдеу кезеңдері қажет. Компосттану кезеңінде микроб саны 3.5×1043.5 \times 10^43.5×104 КТБ/г-ға дейін күрт азаяды, бұл кезде органикалық қалдықтар аэробты микроорганизмдер әсерінен қарқынды ыдырап, биотермиялық процесс нәтижесінде температура 55–65°C аралығында тұрақтанады, мұндай жоғары температура патогендердің көпшілігін, соның ішінде спор түзбейтін түрлерін жояды [33]. Дайын биогумус сатысында микроб саны 1.0×1031.0 \times 10^31.0×103 КТБ/г-ға дейін төмендейді, бұл санитарлық-гигиеналық нормативтерге толық сәйкес келеді және өнімнің ауылшаруашылығында тыңайтқыш ретінде қауіпсіз пайдаланылуын қамтамасыз етеді [34]. Жалпы алғанда, графиктің логарифмдік масштабта көрсетілуі микроб санының экспоненциалды түрде төмендеуін айқын көруге мүмкіндік береді және биогумус өндірісінің технологиялық тізбегі – бастапқы шикізаттағы микробтық жүктемені қауіпсіз деңгейге дейін азайтуда жоғары тиімділікке ие екендігін дәлелдейді. Мұндай жүйелі төмендеу шикізаттың химиялық дезинфекциясы мен компосттануының, сондай-ақ соңғы жетілдіру кезеңдерінің үйлесімділігін қамтамасыз ететін ғылыми негізделген технологиялық режимдердің қолданылуының нәтижесі болып табылады [35].

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу нәтижелері Түркістан облысында ірі қара мал көңін химиялық өңдеу арқылы биогумус өндірудің тиімділігін дәлелдеді. Кальций гидроксидінің 10% сулы суспензиясын 5% массалық үлеспен енгізу нәтижесінде көң ортасының pH мәні 11–12 деңгейіне дейін көтеріліп, патогенді микроорганизмдер (*Escherichia coli*, *Salmonella spp*.), гельминт жұмыртқалары мен жағымсыз иіс көздері толықтай дерлік жойылды. Алдын ала химиялық дезинфекциядан кейінгі компосттау процесі микробиологиялық жүктемені айтарлықтай төмендетіп, дайын өнімнің санитарлық-гигиеналық көрсеткіштерін нормативтерге сай деңгейге жеткізді. Сонымен қатар, химиялық өңдеу шикізаттың минералдық құрамын байытып, қоректік элементтер (азот, фосфор, калий) мөлшерін 10–25%-ға арттырды. Бұл әдіс өндіріс мерзімін қысқартып қана қоймай, экологиялық қауіпсіз, минералдарға бай, жоғары сапалы органикалық тыңайтқыш алуға мүмкіндік береді. Ұсынылған технология ауыл шаруашылығында биогумус өндірудің тиімді және санитарлық тұрғыдан қауіпсіз шешімі ретінде кеңінен қолданылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. World fertilizer trends and outlook to 2022. – Rome: FAO, 2019. – 160 p.
2. Tilman D. Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices // Nature. – 2002. – Vol. 418, No. 6901. – P. 671-677.
3. Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Sherman, R. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. – Boca Raton : CRC Press, 2010. – 500 p.
4. Domínguez, J. Edwards, C.A. Relationships between composting and vermicomposting // Earthworm Ecology / C.A. Edwards (Ed.). – Boca Raton: CRC Press, 2004. – P. 367-381.

5. Atiyeh R.M. et al.The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth // Bioresource Technology. – 2002. – Vol. 84, No. 1. – P. 7-14.
6. Lazcano C., Domínguez J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility // Soil Nutrients. – 2011. – Vol. 10, No. 1. – P. 1-23.
7. Arancon N.Q. et al.Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers // Bioresource Technology. – 2005. – Vol. 93, No. 2. – P. 139-144.
8. Sharma S., Pradhan K., Satya S., Vasudevan P. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses – a review // Journal of American Science. – 2005. – Vol. 1, No. 1. – P. 4-16.
9. Қазақстан Республикасының агрохимия бойынша ұлттық стандарттары [Мәтін]. – Астана, 2018. – 86 б.
10. Orozco F.H. et al.Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm Eisenia fetida: effects on C and N contents and the availability of nutrients // Biology and Fertility of Soils. – 1996. – Vol. 22, No. 3. – P. 162-166.
11. Westerman P.W., Bicudo J.R. Management considerations for organic waste use in agriculture // Bioresource Technology. – 2005. – Vol. 96, No. 2. – P. 215-221.
12. Bernal M.P., Alburquerque J.A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review // Bioresource Technology. – 2009. – Vol. 100, No. 22. – P. 5444-5453.
13. Mkhabela M.S., Warman P.R. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2005. – Vol. 106, No. 1. – P. 57-67.
14. Lemunyon J.L., Gilbert R.G. The concept and need for a phosphorus assessment tool // Journal of Production Agriculture. – 1993. – Vol. 6, No. 4. – P. 483-486.
15. Hsu J.H., Lo S.L. Chemical stabilization of pig sludge with alkaline materials // Bioresource Technology. – 2001. – Vol. 76, No. 2. – P. 143-149.
16. Bhat S.A., Singh J., Vig A.P. Vermiremediation of dyeing sludge from textile mill with the help of earthworm Eisenia fetida // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2013. – Vol. 10, No. 3. – P. 605-614.
17. Suthar, S. Vermistabilization of municipal sludge by Eisenia fetida: Seasonal variation in earthworm growth and activity // Environmental Technology. – 2008. – Vol. 29, No. 2. – P. 245-252.
18. Aira M., Monroy F., Domínguez J. Changes in microbial biomass and microbial activity of pig slurry after the transit through the gut of the earthworm Eisenia fetida // Applied Soil Ecology. – 2007. – Vol. 36, No. 2-3. – P. 183-189.
19. Кенжетаев, А.Ш. Органикалық тыңайтқыштардың микробиологиялық қауіпсіздігі [Мәтін] / А.Ш. Кенжетаев, С.Ж. Оспанов. – Алматы: ҚазҰАУ баспасы, 2020. – 152 б.
20. Guidelines on Sanitation and Health. – Geneva: World Health Organization, 2018. – 227 p.
21. Vinnerås B., Jönsson H. The potential of faecal treatment processes for sanitizing and recycling nutrients in urine and faeces // Bioresource Technology. – 2002. – Vol. 84, No. 2. – P. 189-194.
22. Родионова, И.А. Гигиеническая оценка применения извести в обработке навоза [Текст] / И.А. Родионова, Е.Н. Соколова // Ветеринария. – 2016. – № 7. – С. 45-48.
23. The microbiological safety and quality of food: Microbial ecology of food commodities / B. Lund, P. McClure, D. Brown. – Cham : Springer, 2020. – 672 p.
24. ГОСТ 26713–85. Органические удобрения. Методы определения влажности [Текст]. – Введ. 01.07.1985. – Москва: Министерство сельского хозяйства СССР, 1986. – 5 с.
25. ISO 10390:2005. Soil quality — Determination of pH.

26. ГОСТ 26107–84. Почвы. Методы определения общего азота [Текст]. – Введ. 01.01.1985. – Москва: Министерство сельского хозяйства СССР, 1985. – 8 с.
27. ГОСТ 26261–84. Почвы. Методы определения подвижных соединений фосфора и калия [Текст]. – Введ. 01.07.1985. – Москва: Министерство сельского хозяйства СССР, 1984. – 11 с.
28. ГОСТ 26205–91. Почвы. Определение подвижных соединений калия [Текст]. – Введ. 01.07.1993. – Москва: Госстандарт России, 1991. – 8 с.
29. ГОСТ 26714–85. Органические удобрения. Методы определения зольности [Текст]. – Введ. 01.01.1987. – Москва: Издательство стандартов, 1986. – 2 с.
30. ҚР ДСМ №209 бұйрығы, 06.04.2011 ж. Топырақтың санитариялық-гигиеналық көрсеткіштерін анықтау әдістемесі [Мәтін].
31. ГОСТ 25311–82. Почвы. Методы обнаружения яиц гельминтов [Текст]. – Введ. 01.07.1983. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 7 с.
32. Хусаинов, Б.К. Органикалық тыңайтқыштарды дайындау технологиялары [Мәтін] / Б.К. Хусаинов, Г.Е. Жұмабекова. – Алматы : Қазақ университеті, 2020. – 156 б.
33. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater / APHA (American Public Health Association). – 23rd ed. – Washington, DC : APHA, 2017. – 1504 p.
34. Bernal M.P., Alburquerque J.A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review // Bioresource Technology. – 2019. – Vol. 100, No. 22. – P. 5444-5453.
35. ҚР АШМ. Органикалық тыңайтқыштарға қойылатын санитарлық-гигиеналық талаптар [Мәтін]. – Астана, 2019. – 40 б.

Зерттеу жұмыстары ҚР ҒЖБМ Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылған AP27511917 «Органикалық қалдықтардырды қайта өңдеу арқылы биогумус өндіру және топырақтың құнарлығын арттырып, ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін дамыту» жоба аясында орындалды.

Материал редакцияға 04.09.25 түсті, 19.11.25 қабылданды.

Ж.М. Алтыбаев[1], Б.Т. Омаров[1], Н.Х. Умирзахова[1], Б.Н. Тәжбенова[1], М.М. Ескермесова[1], Г.Е. Калымбетов[1]

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

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Аннотация. В данной научно-исследовательской работе изучена технология подготовки свежего навоза крупного рогатого скота для производства биогумуса методом химической обработки в Туркестанской области. Целью исследования являлось улучшение агрохимических и микробиологических показателей качества сырья при обеспечении его санитарной безопасности. Определены физико-химические (влажность – 72,4%, pH – 7,2, общий N – 1,15%, P_2O_5 – 0,72%, K_2O – 0,95%, органическое вещество – 68,5%, C:N ≈ 25:1) и микробиологический состав сырого навоза (кишечная палочка – $2{,}1\times10^6$ КОЕ/г, сальмонелла spp. положительно, яйца гельминтов – 15-20 шт/г). Для предварительной обработки использовали 10%-ную водную суспензию гидроксида кальция ($Ca(OH)_2$) с массовой долей 5%. В процессе обработки pH среды повышался до 11–12, а количество патогенных микроорганизмов существенно снижалось. В период компостирования после химического обеззараживания численность микробов снижалась в геометрической прогрессии, достигнув в готовом биогумусе $1{,}0\times10^3$ КОЕ/г, что соответствует

санитарно-гигиеническим нормативам. Результаты исследования показали, что химическая обработка навоза сокращает сроки получения биогумуса и увеличивает содержание питательных веществ (N, P, K) на 10–25%. Данная технология позволяет производить экологически безопасные, богатые минералами органические удобрения в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: биогумус, органические отходы, химическая обработка, гидроксид кальция, микробиологический анализ, экологическая безопасность, вермикомпост, плодородие почвы.

Zh.M. Altybaev[1], B.T. Omarov[1], N.Kh. Umirzahova[1], B.N. Tazhbenova[1], M.M. Eskermesova[1], G.E. Kalymbetov

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

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY EXPERIMENTAL TECHNOLOGY FOR ORGANIC WASTE PROCESSING

Abstract. This research work studies the technology of preparing fresh cattle manure for the production of vermicompost by chemical treatment in the Turkestan region. The aim of the study was to improve the agrochemical and microbiological quality indicators of raw materials while ensuring their sanitary safety. The physicochemical (humidity – 72.4%, pH – 7.2, total N – 1.15%, P_2O_5 – 0.72%, K_2O – 0.95%, organic matter – 68.5%, C:N ≈ 25:1) and microbiological composition of raw manure (*E. coli* – 2.1×10^6 CFU/g, *Salmonella spp.* positive, helminth eggs - 15-20 pcs/g) were determined. For preliminary treatment, a 10% aqueous suspension of calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) with a mass fraction of 5% was used. During the treatment, the pH of the medium increased to 11–12, and the number of pathogenic microorganisms decreased significantly. During the composting period after chemical disinfection, the number of microbes decreased exponentially, reaching 1.0×10^3 CFU/g in the finished vermicompost, which meets sanitary and hygienic standards. The results of the study showed that chemical treatment of manure reduces the time of vermicompost production and increases the content of nutrients (N, P, K) by 10–25%. This technology allows producing environmentally friendly, mineral-rich organic fertilizers in agriculture.

Keywords: vermicompost, organic waste, chemical treatment, calcium hydroxide, microbiological analysis, environmental safety, vermicompost, soil fertility.

References

1. World fertilizer trends and outlook to 2022. – Rome: FAO, 2019. – 160 p.
2. Tilman D. Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices // Nature. – 2002. – Vol. 418, No. 6901. – P. 671-677.
3. Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Sherman, R. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. – Boca Raton : CRC Press, 2010. – 500 p.
4. Domínguez, J. Edwards, C.A. Relationships between composting and vermicomposting // Earthworm Ecology / C.A. Edwards (Ed.). – Boca Raton: CRC Press, 2004. – P. 367-381.
5. Atiyeh R.M. et al.The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth // Bioresource Technology. – 2002. – Vol. 84, No. 1. – P. 7-14.
6. Lazcano C., Domínguez J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility // Soil Nutrients. – 2011. – Vol. 10, No. 1. – P. 1-23.

7. Arancon N.Q. et al.Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers // Bioresource Technology. – 2005. – Vol. 93, No. 2. – P. 139-144.
8. Sharma S., Pradhan K., Satya S., Vasudevan P. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses – a review // Journal of American Science. – 2005. – Vol. 1, No. 1. – P. 4-16.
9. Qazaqstan Respublikasynyng agrokhimiyya boĭynsha ūlttyq standarttary [National standards of the Republic of Kazakhstan on agrochemistry]. – Astana, 2018. – 86 p. [in Kazakh].
10. Orozco F.H. et al.Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm Eisenia fetida: effects on C and N contents and the availability of nutrients // Biology and Fertility of Soils. – 1996. – Vol. 22, No. 3. – P. 162-166.
11. Westerman P.W., Bicudo J.R. Management considerations for organic waste use in agriculture // Bioresource Technology. – 2005. – Vol. 96, No. 2. – P. 215-221.
12. Bernal M.P., Alburquerque J.A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review // Bioresource Technology. – 2009. – Vol. 100, No. 22. – P. 5444-5453.
13. Mkhabela M.S., Warman P.R. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2005. – Vol. 106, No. 1. – P. 57-67.
14. Lemunyon J.L., Gilbert R.G. The concept and need for a phosphorus assessment tool // Journal of Production Agriculture. – 1993. – Vol. 6, No. 4. – P. 483-486.
15. Hsu J.H., Lo S.L. Chemical stabilization of pig sludge with alkaline materials // Bioresource Technology. – 2001. – Vol. 76, No. 2. – P. 143-149.
16. Bhat S.A., Singh J., Vig A.P. Vermiremediation of dyeing sludge from textile mill with the help of earthworm Eisenia fetida // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2013. – Vol. 10, No. 3. – P. 605-614.
17. Suthar, S. Vermistabilization of municipal sludge by Eisenia fetida: Seasonal variation in earthworm growth and activity // Environmental Technology. – 2008. – Vol. 29, No. 2. – P. 245-252.
18. Aira M., Monroy F., Domínguez J. Changes in microbial biomass and microbial activity of pig slurry after the transit through the gut of the earthworm Eisenia fetida // Applied Soil Ecology. – 2007. – Vol. 36, No. 2-3. – P. 183-189.
19. Kenzhetayev, A.Sh., Ospanov, S.Zh. Organikalyq tynghaĭtqyghtardyng mikrobiologiyalyq qaūipsizdigi [Microbiological safety of organic fertilizers]. – Almaty: KazNAU Publishing House, 2020. – 152 p. [in Kazakh].
20. Guidelines on Sanitation and Health. – Geneva: World Health Organization, 2018. – 227 p.
21. Vinnerås B., Jönsson H. The potential of faecal treatment processes for sanitizing and recycling nutrients in urine and faeces // Bioresource Technology. – 2002. – Vol. 84, No. 2. – P. 189-194.
22. Rodionova I.A., Sokolova E.N. Gigienicheskaya otsenka primeneniya izvesti v obrabotke navoza [Hygienic assessment of lime application in manure treatment] // Veterinariya [Veterinary Medicine]. – 2016. – No. 7. – P. 45-48. [in Russian].
23. The microbiological safety and quality of food: Microbial ecology of food commodities / B. Lund, P. McClure, D. Brown. – Cham : Springer, 2020. – 672 p.
24. GOST 26713–85. Organicheskie udobreniya. Metody opredeleniya vlazhnosti. – [Organic fertilizers Method for determination of moisture and dry residue]. – Introduced 01.07.1985. – Moscow: Ministry of Agriculture of the USSR, 1986. – 5 p. [in Russian].
25. ISO 10390:2005. Soil quality — Determination of pH.

26. GOST 26107–84. Pochvy. Metody opredeleniya obshchego azota [Soils. Methods for determination of total nitrogen]. – Introduced 01.01.1985. – Moscow: Ministry of Agriculture of the USSR, 1985. – 8 p. [in Russian].
27. GOST 26261–84. Pochvy. Metody opredeleniya podvizhnykh soedineniĭ fosfora i kaliya [Soils. Methods for determination of total phosphorus and total potassium]. – Introduced 01.07.1985. – Moscow: Ministry of Agriculture of the USSR, 1984. – 11 p. [in Russian].
28. GOST 26205–91. Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedineniĭ kaliya [Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by CINAO]. – Introduced 01.07.1993. – Moscow: Gosstandart of Russia, 1991. – 8 p. [in Russian].
29. GOST 26714–85. Organicheskie udobreniya. Metody opredeleniya zol'nosti [Organic fertilizers. Method for determination of ash content]. – Introduced 01.01.1987. – Moscow: Izdatelstvo Standartov, 1986. – 2 p. [in Russian].
30. Order of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan No. 209, dated 06.04.2011. Topyraqtyng sanitariyalyq-gigienalyq kórsetkishterin anyqtau ádistemesi [Methodology for determining the sanitary and hygienic indicators of soil]. [in Kazakh].
31. GOST 25311–82. Pochvy. Metody obnaruzheniya yaits gel'mintov [Feeding flour of animal origin. Methods for bacteriological analysis]. – Introduced 01.07.1983. – Moscow: IPK Izdatelstvo Standartov, 2002. – 7 p. [in Russian].
32. Khusainov, B.K., Zhumabekova, G.E. Organikalyq tynghaĭtqyghtardy daĭyndaū tekhnologiyalasy [Technologies for the preparation of organic fertilizers]. – Almaty: Kazakh University, 2020. – 156 p. [in Kazakh].
33. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater / APHA (American Public Health Association). – 23rd ed. – Washington, DC : APHA, 2017. – 1504 p.
34. Bernal M.P., Alburquerque J.A., Moral R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review // Bioresource Technology. – 2019. – Vol. 100, No. 22. – P. 5444-5453.
35. Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. Organikalyq tynghaĭtqyghtargha qoĭylatyn sanitarlyq-gigienalyq talaptar [Sanitary and hygienic requirements for organic fertilizers]. – Astana, 2019. – 40 p. [in Kazakh].

ҒТАМР 61.59.29

Г.А. Сулейменова[1] – *негізгі автор*, ©
Е.Ж. Усипбекова[2], А. Даулетбай[3], А.Т. Қонаров[4], Г.А. Сейлханова[5]

[1]Докторант, [2]PhD, доцент м.а., [3]PhD, аға ғылыми қызметкер, [4]PhD, қауымдас. профессор, [5]Хим. ғылым. д-ры, профессор

ORCID *[1]https://orcid.org/0000-0002-2338-8453 [2]https://orcid.org/0000-0001-8367-1800 [3]https://orcid.org/0000-0003-0157-1449 [4]https://orcid.org/0000-0001-9352-8602 [5]https://orcid.org/0000-0002-9939-8316*

[1,2,5]әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан [3,4]Назарбаев Университеті, Астана, Қазақстан

@ *[2]enlik.ussipbekova@gmail.com*

https://doi.org/10.55956/KNWC2804

ЛИТИЙ-ИОНДЫ АККУМУЛЯТОРЛАР СЕПАРАТОРЛАРЫ: ҒЫЛЫМИ ШОЛУ ЖӘНЕ БОЛАШАҚ БАҒЫТТАР

Аңдатпа. Литий ионды батареялардың негізгі құрамдас бөлігі болып табылатын сепаратордың маңызды рөлі – батареялардың қауіпсіздігі мен электрохимиялық қасиеттерін қамтамасыз ету. Өйткені, сепаратор катод пен анод арасындағы қысқа тұйықталудың алдын алып, иондардың ағынын қамтамассыз ететін жұқа, кеуекті мамбрана. Батарея жұмысы кезінде электрохимиялық реакцияларға қатыспаса да батареялардың қауіпсіздігі мен электрохимиялық қасиеттеріне тікелей әсер етеді. Осы себепті сепараторға қойылатын талаптар өте жоғары және оны қанағаттандыру өзекті. Соңғы онжылдықта әлем ғалымдары сепараторды әзірлеу мәселесіне ерекше назар аударғанымен, оның даму тарихы 1970 жылдардан басталады. Бұл әдеби шолуда әлемдік ғылыми әдебиеттерге сүйене отырып, сепаратор дайындаудың ғылыми кезеңдері, оның даму тарихы, негізі талаптары мен көрсеткіштері және сепаратордың негізгі түрлері талданады. Осы шолу мақалада сондай-ақ нақты сандық талдаулар жүргізіліп, көпфункционалды сепараторлар әзірлеу үшін маңызды көрсеткіштер мен өлшемдер қарастырылады.

Тірек сөздер: литий-иондық аккумулятор, сепаратор, талаптар, электрохимия, электрохимиялық көрсеткіштер, композитті материалдар.

Сулейменова, Г.А. Литий-ионды аккумуляторлар сепараторлары: ғылыми шолу және болашақ бағыттар [Мәтін] / Г.А. Сулейменова, Е.Ж. Усипбекова, А. Даулетбай, А.Т. Қонаров, Г.А. Сейлханова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.359-380. https://doi.org/10.55956/KNWC2804

Кіріспе. Литий-ионды аккумуляторлар (ЛИА) жоғары энергетикалық тығыздығы, беріктігі және жылдам зарядтау қабілеті арқасында қазіргі өмірдің ажырамас бөлігі болып табылады. Олар смартфондардан бастап электромобильдерге дейінгі көптеген құрылғыларда қолданылады. Айтарлықтай артықшылықтарға қарамастан, литий-ионды батареялар қауіпсіздігі, жұмыс тұрақтылығы және зарядты тасымалдау тиімділігіне қатысты бірқатар мәселелерге

ие. Батареялардың өнімділігі мен қауіпсіздігіне әсер ететін негізгі компоненттердің бірі-сепараторлар. Сепараторлар катод пен анод арасындағы тікелей физикалық байланыстың алдын алуда және иондардың өткізгіштігін қамтамасыз етуде, қысқа тұйықталуды болдырмауда, маңызды рөл атқарады [1]. Литий-ионды аккумуляторларға арналған мембраналық сепараторлардың негізгі сипаттамалары, сепаратордың алғашқы түрлері, даму тарихы, сепараторға қойылатын негізгі талаптар, қазіргі уақыттағы оның заманауи түрлері және келешекте оны жетілдіруге арналған бағыттар жайлы шолу жоғарғы энергия жүйелері (немесе баламалы ток көздері) үшін маңызды ақпараттар береді.

Ғылыми зерттеулерге шолу және талдау. *Сепараторлардың даму тарихы*. Литий-ионды батарея сепараторларының даму тарихы батарея технологиясы эволюциясының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады, себебі сепараторлар батареялардың қауіпсіздігі мен тиімділігін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Батареяларға арналған алғашқы сепараторлар ағаштан жасалған болатын. Алайда, мұндай материал электролитпен жасақанда тез бұзылған. Кейін сепараторларды өндіру үшін целлюлоза, шыны талшық, полиуретан және резеңке сияқты материалдар қолданылды. Соңғы уақытта никельден жасалған батареяларда кеуекті целлофаннан, нейлоннан немесе поллиолефин қабыршақтарынан жасалған сепараторлар, қорғасын-қышқылды батареяларда күкірт қышқылына батырылған шыны талшықтан жасалған сепараторлар, ал литий-ионды батареяларда полиолефин сепараторлары қолданылады. 1970 жылы алғаш рет литий органикалық электролиттері бар аккумуляторларда анод ретінде қолда бастаған кезде, француздық САФТ компаниясы тоқыма емес полипропилен сепараторын пайдаланып тәжірибелік литий-ионды батарея элементін дайындаған [2-4]. Қазіргі уақытта Honeywell компаниясы, бұрын Livingston Electronic Corporation атауымен танымал, Li//V_2O_5 жүйесінде [5] және Li/SO_2 жүйесінде [6] целлюлоза сепараторларын, соның ішінде сүзгі қағазы мен Celgard кеуекті полипропилен сепараторларын қолданады. 1970 жылдардың басында жасалған литий-металл батареяларының көпшілігі тоқыма емес полипропилен сепараторын пайдаланған. Сонымен қатар, кейбір жағдайларда Li//$SOCl_2$ [7] элементтерінде шыны талшықты қағаз сепараторы қолданылды. 1980 жылдары ғалымдар литий иондарының қабат ішінде (литий-интеркалирлеуші қосылыстар) тез қозғала алатынын анықтады [8,9]. 1991 жылы Sony компаниясы шығарған алғашқы коммерциялық литий-ионды аккумуляторлардың пайда болуы сепараторлар үшін неғұрлым тұрақты және тиімді материалдарды анықтады. Алғаш полиолефиндер, полиэтилен мен полипропилен негізінде жасалған бөлгіш сепараторлар кеңінен қолданылған, себебі олардың химиялық төзімділігі, механикалық беріктігі және жоғары температурадағы тұрақтылығы сияқты қасиеттерді сепараторлар үшін тиімді болды. Қазір батарея

сепараторлары: микрокеуекті және модифицирленген микрокеуекті мембраналар, тоқыма емес материалдар, композиттік мембраналар және электролиттік мембраналар болып бес түрге бөлінеді. Оларды қабаттар санына байланысты бір қабатты және көп қабатты микрокеуекті мембраналарға жіктеуге болады. Модифицирленген микрокеуекті мембраналық сепараторлар – бұл плазма мен егу әдістері арқылы кәдімгі микрокеуекті мембраналардан өзгертілген сепараторлар.

Сепараторға қойылатын негізгі талаптар. Үздіксіз зерттеулер мен жұмыстардың арқасында әртүрлі сепараторлар жасалып жатқанымен олардың барлығына қойылатын талап бірдей. Сепаратор литий-ионды аккумуляторлардың электрохимиялық реакциясына қатыспаса да, ол маңызды функцияларды орындайды:

1. Электродтарды бөлу: анод пен катод арасындағы тікелей байланыстың алдын алу, қысқа тұйықталуға болдырмау.

2. Иондық өткізгіштік: зарядтау және разрядтау кезінде электродтар арасында литий иондарының өтуін қамтамасыз ету.

3. Ыстыққа төзімділік: батареяның қызып кетуіне және термиялық ыдырауына қарсылық.



Сурет 1. Сепараторлардың негізгі қасиеттерінің сызбасы

Сепараторлардың литий батареяларында тиімді жұмыс істеуі үшін кейбір негізгі талаптардың орындалуын қамтамасыз ету қажет. Сепаратордың негізгі қасиеттері оның құрылымы, материалдардың ішкі қасиеттері және сепаратордың сыртқы әсерлерге қатысты қасиеттеріне тікелей байланысты (1-сурет). Осы мақалада аталған қасиеттерге жеке тоқталып, әдебиеттерде кездесетін мәліметтерге шолу жасалады.

Сепараторлардың құрылымы бойынша талаптарға оның қалыңдығы, кеуектілігі және кеуек құрылымы жатады. Жұқа сепараторлары бар батареялардың ішкі кедергісі төмен және энергия мен қуаттың тығыздығы жоғары болады деп болжануда [10]. Алайда, сепаратордың қалыңдығының төмендеуімен оның механикалық беріктігі төмендейді. Механикалық беріктігі төмен сепараторлар батареяны құрастыру және пайдалану кезінде

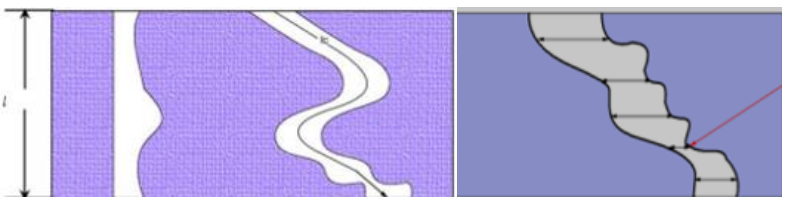
электродтардың тұрақты бөлінуін қамтамасыз ете алмайды. Сондықтан литий-ионды аккумулятор үшін жеткілікті механикалық беріктігі бар салыстырмалы түрде жұқа сепараторға артықшылық беріледі. Қазіргі уақытта аккумуляторлық батареяларға арналған стандартты сепараторлардың қалыңдығы 25 мкм-ден аз, бұл жоғары қуат пен меншікті қуатты қамтамасыз етеді. Сепаратордың қалыңдығы ісіну процесіне де, оның механикалық қасиеттеріне де әсер етеді. Теориялық модельдеу сепаратордың идеалды қалыңдығы 1-ден 32 мкм-ге дейін өзгеретінін көрсетті, бұл сканерлеу жылдамдығына қарамастан батареяның оңтайлы сыйымдылығын қамтамасыз етеді [11].

Сепараторлардың кеуектерінің мөлшері электрод бөлшектерінің енуіне жол бермеу үшін жеткілікті кішкентай болуы керек. Li^+ иондарының біркелкі ағынын қамтамасыз ету және литий дендриттерінің түзілуі мен өсуін тежеу үшін кеуектер біркелкі мөлшерде таралуы керек. Кеуектілігі жоғары және орамасы төмен сепараторлар ЛИА-да литий иондары үшін жеткілікті масса алмасу арналарын жасайды, нәтижесінде иондық кедергі аз болады. Герли саны арқылы көрсетілген өткізгіштік [10] мембраналық сепараторлардың иондық кедергісінің көрсеткіші ретінде қызмет етеді. Литий-ионды аккумуляторларда қолданылатын сепараторлар үшін әдетте субмикронды кеуек өлшемі 1 мкм-ден аз болса қолайлы болады [12]. Дұрыс кеуектілік сепараторларға иондық өткізгіштік үшін электролиттің едәуір мөлшерін ұстап қана қоймай, сонымен қатар жақсы механикалық өнімділікке ие болуға мүмкіндік береді. Өнеркәсіпте сепараторлар әдетте 40%-дан 50%-ға дейін кеуектілікке ие [13].

Сепаратордың кеуектің құрылымы, яғни тарылған тесіктердің мөлшері мен бұралу мөлшері маңызды параметр болып табылады (2-сурет), өйткені сепаратор оң және теріс электродтар арасындағы қысқа тұйықталуды және дендриттерден туындаған қысқа тұйықталуды болдырмау үшін сенімді оқшаулауды қамтамасыз етуі керек. 2-суретте кеуек ішкі құрылымы көрсетілген. Мембрананың кеуек құрылымы неғұрлым бұралған болса, онда литий дендриттерінің түзілуін тежейді. Кеуектілік-кеуек көлемінің сепаратор мембранасының жалпы көлеміне қатынасы келесі теңдеу (1) арқылы пайызбен көрсетуге болады [1].

$$\text{Кеуектілік } (\%) = (1 - \frac{p_м}{p_p}) \times 100 \quad (1)$$

мұндағы, $p_м$ және p_p сәйкесінше сепаратор мен полимер мембранасының нақты тығыздығын білдіреді.



Сурет 2. Кеуектердің құрылымы

Сепараторға қойылатын келесі талаптар сыртқы әсерлерге қатысты қасиеттер болып табылады, олар: иондық өткізгіштік, сулану, химиялық және электрохимиялық тұрақтылық.

Ішкі кедергіні азайту және иондардың жылдам тасымалдануын қамтамасыз ету үшін сепараторлар электролитпен тез және толық сулануы керек. Егер сепараторлар электролитпен біркелкі немесе толығымен суланбаса, бұл литийдің бұзылуына, литий дендриттерінің пайда болуына және беттің жабылуына әкелуі мүмкін. Нашар ылғалдылық сепаратордың кедергісін арттырады, бұл цикл өнімділігіне және зарядтау/разряд тиімділігіне теріс әсер етеді [14,15]. Сондықтан оны гидрофильді ету үшін мембраналардың бетін өзгерту қажет. Жалпы әдістерге гидрофильді топтардың бетті немесе кеуекті функционализациясы немесе беттік белсенді заттармен өңдеу жатады [16,17]. Дегенмен, беттік белсенді заттарды цикл және сақтау кезінде электролитпен жууға болатынын атап өткен жөн, бұл уақытша гидрофобтылыққа әкеледі. Керісінше, гидрофильді функционалды топтарды мембраналардың бетіне тиісті газдарды қолдана отырып, термиялық бүрку арқылы егуге болады, бұл беріктікті арттырады. Мұндай топтарға гидроксил, карбонил, карбоксил, амин және сульфонил топтары жатады [18]. Ылғалдылықты сульфаттау, фторлау, полимерлеу және басқа әдістермен де жақсартуға болады [19]. Сепараторларды электролитпен сулау кеуекті құрылым және бетінің сипаттамалары (кеуектілік, кеуек мөлшері) сияқты факторларға тікелей байланысты. Ылғалдануды өлшеу үшін байланыс бұрышын және электролитті сіңіруді анықтау әдістері кеңінен қолданылады. Бұл әдістерде сепараторға электролит тамшысы қолданылады, содан кейін жанасу бұрышы (θ) өлшенеді. Кішірек θ мәні сепаратор бетінің электролитпен жақсы сулануын көрсетеді [20].

Жоғары иондық өткізгіштік сепараторларда шешуші рөл атқарады, аккумуляторлардың жоғары сыйымдылығын, беріктігін және тұрақтылығын қамтамасыз етеді, өйткені Li^+ иондарының жоғары тасымалдануы Li^+ иондарының біркелкі ағынын арттыруға және масса тасымалдау жылдамдығын арттыруға ықпал етеді, бұл иондардың локализацияланған тұндыруын азайтуға және литий дендриттерінің түзілуін тиімді тежеу арқылы батарея циклі кезінде концентрация градиентінің пайда болуына жол бермейді. Сепараторлардың иондық өткізгіштігі олардың кеуекті құрылымына, қалыңдығына және бетінің сипаттамаларына тікелей байланысты. Мембрананың оңтайлы кеуектілігі жоғары иондық өткізгіштікті қолдайтын кеуектердегі электролиттің жеткілікті мөлшерін алуға мүмкіндік береді. Керісінше, кеуектілігі төмен мембраналар электролитті аз ұстайды, бұл ішкі қарсылықтың жоғарылауына әкеледі. Алайда, шамадан тыс кеуектілік батареяның жылу қауіпсіздігіне нұқсан келтіруі мүмкін, бұл батареяның сөнуіне әкеледі [21,22]. Құрамында электролит бар сепаратордың оңтайлы иондық өткізгіштігі 10^{-3}-тен 10^{-1} См·см$^{-1}$-ге дейін болуы керек [12] әдетте 10^{-3} См см$^{-1}$ өткізгіштік ұялы телефондар сияқты төмен қуатты қосымшалар үшін жеткілікті деп саналады. Алайда, қуатты автомобильдер жоғары өткізгіштікті қажет етуі мүмкін [23].

Литий-ионды аккумулятор сепараторларының иондық өткізгіштігі әртүрлі өлшеу әдістерінде алынған эксперименттік деректерді пайдалана отырып есептеледі, мысалы, импеданс спектроскопиясы, тұрақты ток әдісі (DC поляризациясы), Варт әдісі (Warburg кедергісі), ұяшықтағы электрохимиялық тестілеу әдісі (электрлік химиялық жасуша сынағы), симметриялы ұяшықтарды пайдалану әдісі (симметриялы ұяшық әдісі), температураға тәуелді өткізгіштік өлшемдері әдісі (temperature-dependent conductivity measurements).

Иондық өткізгіштік келесі формула бойынша есептеледі (2):

$$\sigma = \frac{L}{R_{sep} \cdot A} \quad (2)$$

мұндағы: L – сепаратордың қалыңдығы; R_{sep} – өлшенген кедергі; A – сепаратордың көлденең қимасының ауданы.

Сепаратор электронды оқшаулағыш болуы қажет. Сепаратор ретінде пайдаланылатын композиттік полимерлі электролит пленкаларының электрохимиялық тұрақтылығы сызықтық вольтамметрия және циклдік вольтамметрия әдістерімен зерттеледі. Сепараторлар электродтармен де, электролиттермен де химиялық тұрақты және зарядтау және разряд кезінде күшті тотықсыздану және тотығу жағдайларына электрохимиялық төзімді болуы керек. Олардың катод пен анодқа төзімділігін бағалау үшін циклдік вольтамметрияны, сызықтық вольтамметрияны және электрохимиялық импеданс спектроскопиясын (EIS) қолдануға болады. Литийге қатысты сепараторлардың тұрақтылығын Li/Li симметриялы ұяшықтардың циклдік сипаттамаларын өлшеу арқылы талдауға болады. Сонымен қатар, химиялық және электрохимиялық тұрақтылық рентгендік фотоэлектрондық микроскопия және Фурье түрлендіретін инфрақызыл спектроскопия арқылы зарядтау/разряд процесінде сепаратордағы элементтердің химиялық күйінің өзгеруін бақылау арқылы талданды [24]. Электрохимиялық тұрақтылық электролит ерітіндісімен 2 В-тан 6 В-қа дейінгі потенциалдар диапазонында микроэлектродтық циклдік вольтамметриямен өзгереді [25].

Сепараторға қойылатын келесі талаптар-сепаратордың ішкі қасиеттері, балқыманың тұтастығы, беріктік шегі, тесуге беріктік, термиялық тұрақтылық, бұралу, өлшемдік тұрақтылық және өшіру температурасы. Сепаратордың біркелкі қалыңдығы иондардың біркелкі таралуына ықпал етеді, нәтижесінде электрод қабатында болатын белсенді материалдарды біркелкі пайдалану және жалпақ Li-металдардың түзілуін индукциялау арқылы Li-дендриттердің өсуін тежейді [10]. Өнеркәсіптік сепараторлардың қалыңдығы 20-25 мкм [26]. Жұқа сепараторлар электродтарға көбірек орын бере отырып, батареялардың қуат тұтынуын барынша арттыруға мүмкіндік береді. Алайда жұқа сепараторлар тесу мен қысқа тұйықталуға жол беруі мүмкін. Сепараторлардың тым қалың болуы да жағымды фактор емес, себебі мұндай жағдайда кедергі жоғарылап, иондық өткізгіштік төмендеп кетуі мүмкін.

Сонымен қатар сепаратор жоғары механикалық қасиетке ие болу керек. Себебі электрод сыртқы күштердің әсерінен қысылатын болса немесе кеңейетін болса, сол күштерге төтеп бере алуы керек. Оның механикалық қасиеті электролитке орналастырған кезде белгілі болады. Осылайша, жоғары тұрақтылықты сепараторларды жобалау кезінде электролит жүйесіндегі механикалық тұрақтылықты ескеру қажет. Механикалық қасиеттер созылу және тесу беріктігін өлшеумен сипатталады; сепаратордың созылу беріктігі неғұрлым жоғары болса, қаттылық соғұрлым жақсы болады. Сонымен қатар, жоғары тесуге беріктік дендриттерге төзімділікті арттырады, бұл дендриттердің енуіне жол бермейді.

Сепаратордыі тесуге беріктігі қолданылатын материалға және мембрананың өндіріс технологиясына байланысты. Ең алдымен, ол тігінен (MD) және көлденең (TD) бағыттардағы беріктік көрсеткіштерімен сипатталады. Тасымалдау және құрастыру кезінде зақымдануды болдырмау және литий дендриттерінің пайда болуынан туындаған қысқа тұйықталуды болдырмау үшін мембрана кем дегенде 20 МПа созылу беріктігіне ие болуы

керек [27]. Сонымен қатар, ені кішірейіп кетпес үшін сепаратор созылған кезде айтарлықтай ұзартылмауы керек. Әдетте кеуектіліктің жоғарылауы кедергіні азайтады, бірақ беріктігін төмендетеді. Айта кету керек, бір осьтік созылу әртүрлі бағыттардағы созылу беріктігінің айырмашылығын тудыруы мүмкін, ал екі осьтік созылу тігінен және көлденең бағытта біркелкі беріктікті қамтамасыз етеді. ASTM d882-10 стандарты [28] беріктігін бағалау үшін қысқыштар арасындағы қашықтық, созылу жылдамдығы және үлгі өлшемдері сияқты шарттарды сипаттайды. ASTM d882 стандартына сәйкес, қалыңдығы 25 мкм сепараторлардың созылу беріктігінің минималды шегі 98,06 МПа құрайды.

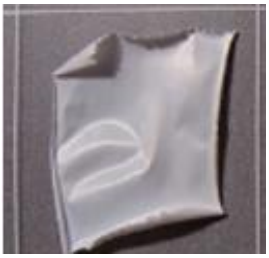
Беріктік шегі инені пайдаланып мембрананы тесу үшін қажетті күшпен анықталады және құрастыру сияқты процестерде пайда болатын мембрананың қысқа тұйықталуға төзімділігінің көрсеткіші ретінде қызмет етеді. Өндіріс кезінде бұралу және орау, сондай-ақ аккумуляторды құрастыру, бөлшектеу және циклдік зарядтау кезіндегі механикалық әсерлер сияқты факторларды ескере отырып, мембрана тесуге, қысуға және тозуға төтеп беру үшін жеткілікті физикалық күшке ие болуы керек. Бұл тесуге төзімділікті тексеру қысқа тұйықталудың алдын алудың маңызды кезеңі. ASTM D3763 стандартына сәйкес, тесуге төзімділік 300 г күштен төмен болмауы керек. Салыстыру үшін таза полиэтилен мен ПВДФ/полиэтилен сепараторларының ену күші сәйкесінше 5,67 Н және 6,20 Н құрайтыны анықталды [29].

Сепаратордың термиялық тұрақтылығы балқыманың тұтастығымен және «өшіру функциясымен» сипатталады. Сол үшін сепараторды температураның кең диапазонында тұрақты ұстайды [30]. Балқыманың тұтастық температурасы-бұл сепаратор өзінің механикалық қасиеттерін сақтай алмайтын температура, ал балқыманың мінсіз тұтастық температурасы 200°C немесе одан жоғары [31]. Сепаратор өте жоғары температурада ериді. Осылайша, ол кеуектерді бітеп, литий-ион өткізгіштігін тежейді. Бұл процесс өшіру функциясы деп аталады. Өшіру температурасына жеткенде, полимерлі сепаратор кеуектерді ерітіп, ион ағынын блоктайды. Өшірілгеннен кейін электродтар арасындағы байланыстың алдын алу үшін механикалық тұтастықты сақтау керек [1]. Джао және оның әріптестері сепараторларды тоқтату тиімділігін өлшеді (2-сурет). Олар ПП/ПЭ/ПП және ПЭ/Полиамид (PI)/S сепараторларындағы тоқтату процесін 140°C температурада 0,5 сағат бойы бақылап және тоқтағаннан кейін кедергінің артқанын көрсеткен [32].

Иілгіштіктен сынғышқа ауысуын және балқу температурасын термогравиметриялық талдау және дифференциалды сканерлеу калориметриясы арқылы өлшеуге болады. Өшіру температурасы мен өшіру дәрежесін импеданс спектроскопиясын және сепараторы бар ұяшықтағы температураның өзгеруін өлшеу арқылы анықтауға болады [33,34].

Сепараторлардың өлшемдер тұрақтылығы мен термиялық өлшем тұрақтылығы олардың жиырылу қасиетінен байқалады. Коммерциялық сапалы сепараторлардағы жиырылуы барлық бағытта 5%-дан аз болуы керек. Жиырылу бастапқы сепаратордың аудандарын және бірнеше сағат бойы сұйық электролитпен сіңдірілген сепаратордың бөліктерін салыстыру арқылы өлшенеді. Сонымен қатар, термиялық жиырылу 90°C температурада 60 минуттан кейін 5%-дан аз болуы керек. Әдебиеттерде сепаратордың өлшемін механикалық беріктігін жақсарту арқылы жиырылуын соның ішінде термиялық жиырылуын жақсартуға болатындығы айтылған. Механикалық

беріктікті әртүрлі бейорганикалық толтырғыштар қосу арқылы жақсартуға болатыны келтіріледі. [35] жұмыста графит/$LiMn_2O_4$ ұяшығында қолданылған кремний диоксиді мен полиэтилен сепараторының синтезі туралы жазылған. Кремний диоксиді сепаратордың өлшемін механикалық жақсартып, электролиттің жиырылуына/термиялық жиырылуына жол бермейді. 3-суретте әртүрлі полиэтилен (ПЭ) негізіндегі әртүрлі сепараторлардың жиырылуы көрсетілген.



Біріңғай ПЭ



Диметиламиноэтанетиол (DMAET) – ПЭ



SiO_2/ПЭ

Сурет 3. 1 сағатта 140°С-қа әсер еткеннен кейін әртүрлі сепараторлардың шынайы кескіндері

Сепараторлардың әмбебап болуы осы аталған талаптарды қанағаттандырған кезде ғана жүзеге асады. Аталған көрсеткіштерге қойылатын талаптардың қысқаша мазмұны 1-кестеде көрсетілді.

Кесте 1

Сепараторларға қойылатын негізгі талаптар

Көрсеткіштер	Талаптар
Химиялық және электрохимиялық тұрақтылығы	Ұзақ мерзімді тұрақтылыққа ие болу
Ылғалдынуы	Жылдам және толық сулану
Механикалық қасиеті	кемінде 1000 кг/см (98,06 МПа) болу
Қалыңдығы	20-25 мкм
Кеуек өлшемі	1 мкм-ден аспау
Кеуектілігі	40-60% болу
Өткізгіштігі (Герли шкаласы бойынша)	< 0,025 сек/мкм
Өлшемдер тұрақтылығы	бұралмау және тегіс жатпау
Термотұрақтылығы	90°С-та 60 минуттан кейін 5%-дан аз жиырылу
Өшіру	Батареяны жоғары температурада тиімді өшіру

Сепараторлардың негізгі түрлері.

Батарея сепараторларын бес негізгі түрге бөлуге болады:

- микрокеуекті мембраналар;
- модифицирленген микрокеуекті мембраналар;
- тоқыма емес материалдар;
- композиттік мембраналар;
- электролиттік мембраналар.

Микрокеуекті мембраналық сепараторлар микрометрлер диапазонындағы кеуек өлшемдерімен сипатталады. Оларды қабаттар санына

байланысты бір қабатты және көп қабатты микрокеуекті мембраналарға жіктеуге болады. Модифицирленген микрокеуекті мембраналық сепараторлар олар – қарапайым микрокеуекті мембраналардың бетін түрлендіруіне, яғни плазманы қолдану арқылы егу немесе басқа полимермен жабу немесе сәулелендіру әдісі арқылы алынған мембраналар. Тоқыма емес сепараторларға балқымадан үрлеу, дымқыл төсеу және электр иіру әдістерімен алынған шатастырылған талшықтармен біріктірілген торлы құрылымдары бар мембраналар жатады. Талшықтардың кіші диаметріне байланысты тоқыма емес сепараторлар басқа типтегі сепараторларға қарағанда кеуектілігі жоғары болады. Композиттік мембраналық сепараторлар микрокеуекті мембраналарды немесе тоқыма емес төсеніштерді жабу немесе бейорганикалық материалдармен толтыру арқылы жасалады. Осылайша, олар керемет термиялық тұрақтылыққа және басқа түрлерге қол жеткізе алмайтын ерекше ылғалдылыққа ие болады. Электролиттік мембраналарға қатты керамикалық электролит, қатты полимерлі электролит, гельдік полимерлі электролит және композиттік электролит жатады. Олар сепаратор және электролит ретінде жұмыс істейді және батареяның жоғары қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Сепаратордың әр түрі сәйкесінше алдыңғы бөлімде қарастырылған талаптарды, соның ішінде қалыңдығы, кеуектілігі, термиялық қасиеттері, сулануы, механикалық және химиялық қасиеттерді қанағаттандыратын ішкі сипаттамаларға ие болуы керек

Микрокеуекті мембрана сепараторлардың ең қарапайым түрі ол *бір қабатты мембраналар.* Бір қабатты мембраналар әртүрлі полимерлі материалдардан жасалады. 2-кестеде әртүрлі бір қабатты мембраналардың құрылымдық сипаттамалары мен қасиеттері, соның ішінде материалдары, алу әдістері, иондық өткізгіштігі және электрохимиялық сипаттамалары берілген.

Кесте 2

Бір қабатты микрокеуекті мембрана сепараторлар

Материал	Еріткіш	Алу әдісі	Мембрана қалыңдығы	Сұйық электролит	Иондық өткізгіштігі	Қосымша мәліметтер	Сілтеме
1	2	3	4	5	6	7	8
ПП,ПЭ		Құрғақ және ылғал процестер	13-57 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ ДМК	$0{,}4\cdot10^{-3}$– $2{,}1\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Қалыңдығы жұқа, кеуектілігі жоғары және кеуек өлшемі үлкен	[36]
ПЭ	Парафин майы	Сулы процесс	25 мкм	$LiPF_6$-PC	$3{,}0\cdot10^{-3}$ – $5{,}0\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жоғары механикалық беріктік	[37]
ПВДФ	Ацетон/ этанол	Фазалық инверсия	35-50 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ ДМК/ ДЭК	$3{,}0\cdot10^{-3}$ – $5{,}0\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Тұрақты разряд қисықтары және төмен температура көрсеткіштері	[38]
ПВДФ	NMP (N-метил-2-пирролидон)	Фазалық инверсия	35-70 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ ДМК	$0{,}7\cdot10^{-3}$ – $2{,}1\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы циклдік жүру қабілеті және жоғары зарядтау жылдамдығы мен жоғары сыйымдылық	[39]

2-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
ПАН	ЭК/ПК	Құю әдісі		$LiClO_4$, LiN $(SO_2CF_3)_2$, $LiAsF_6$-ЭК/ПК	$2,0\cdot10^{-3}$ – $6,1\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы электрохимиялық тұрақтылық және литийдің жақсы айналымдылығы	[40]
ПАН/ ПММА	ЭК/ПК	Құю әдісі	50-100 мкм	LiN $(SO_2CF_3)2$-ЭК/ДМК немесе $LiClO_4$-ЭК/ПК	$0,1\cdot10^{-3}$– $1,9\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы электрохимиялық тұрақтылық	[41]

Көп қабатты мембраналармен салыстырғанда, бір қабатты мембраналарды қарапайым әдістерді қолдану арқылы алуға болады, бұл салыстырмалы түрде төмен шығындарға әкеледі. Нәтижесінде, бір қабатты мембраналар литий-ионды аккумулятор сепараторлары ретінде кеңінен қолданылады.

Микрокеуекті бір қабатты мембраналар механикалық беріктігі, термиялық беріктігі және электрохимиялық сипаттамалары бойынша оңтайлы қасиеттерге әрең жетеді. Бұл кемшілікті жеңу үшін әртүрлі полимерлерден жасалған микрокеуекті *көп қабатты мембраналарға* кең зерттеулер жүргізілді. Микрокеуекті көп қабатты мембраналарды әртүрлі әдістермен жасауға болады, соның ішінде батыру жабыны [42-44], ламинаттау [45-47], саңылау матрицасы [48], терең басып шығару [49], құю [50], фазалық инверсия [51] және т.б әдістер кең қолданылады. 3-кестеде кейбір көп қабатты мембраналардың қасиеттері мен өнімділігі көрсетілген.

Кесте 3

Көп қабатты микрокеуекті мембрана сепараторлар

Материал	Субстрат	Қалыңдығы	Сұйық электролит	Иондық өткізгіштік	Қосымша мәліметтер	Сілтеме
ПП	ПЭ	12-38 мкм			Жақсартылған тесу беріктігі және жылу кедергісі	[52]
ПВДФ	ПЭТ	33 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДЭК/ПК	$8,9\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы сыйымдылықты сақтау және электрохимиялық тұрақтылық	[53]
ПВДФ	ПЭ	37 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДЭК/ПК	$1,1\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жоғары разряд сыйымдылығы және жоғары жылдамдықтағы өнімділік	[54]
ПММА	ПЭ	25 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДЭК	$5,2\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Разрядтың С-жылдамдығының жақсырақ өнімділігі	[55]
ПВДФ	ПММА	75 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДМК/ЭМК		Жоғары разряд сыйымдылығы және төмен сыйымдылықта сөнуі	[56]

Жоғарыда айтылғандай микрокеуекті мембраналық сепараторлардың термиялығы салыстырмалы түрде төмен, ылғалдануы нашар және электролитте нашар сақталады. Бұл қасиеттерді жақсарту үшін микрокеуекті полиолефинді мембраналық сепараторлардың құрылымын өзгертудің әртүрлі әдістерін қолдануға болады [57-59]. 4-кестеде *модифицирленген микрокеуекті* мембраналық сепараторлардың қасиеттері келтірілген. Микрокеуекті полиолефинді мембраналардың құрылымы мен қасиеттерін өзгертудің қарапайым және тиімді әдістерінің бірі-мембраналардың бетіне гидрофильді мономерлерді егу. Гидрофильді мономерлерді егудің әртүрлі әдістері бар, олар: плазма, ультракүлгін сәулелену және электронды бұршақ сәулеленуі. 4-кестеде микрокеуекті мембраналық сепараторлардың модифицирленуі механикалық қасиеттерді, сулануды және иондық өткізгіштікті жақсаруына әкелетіндігі көрінеді. Сонымен қатар, электрохимиялық өнімділікті, әсіресе жоғары жылдамдықты, литий-ионды аккумуляторларды модификацирленген микрокеуекті мембраналық сепараторларды қолдану арқылы жақсартуға болады.

Кесте 4

Модифицирленген микрокеуекті мембраналық сепараторлар

Субстрат материал	Модифицирлеу әдісі	Индукциялау материалы	Мембрана қалыңдығы	Сұйық электролит	Иондық өткізгіштік	Қосымша мәліметтар	Сілтеме
1	2	3	4	5	6	7	8
ПЭ	Плазма	АН (акрилонитрил)	23 мкм	$LiPF_6$-ДЭК/ ЭМК/ ЭК	$1{,}4\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы сулану және циклдің жақсы өнімділігі	[60]
ПП	Электронды сәуле	АК, ДЭГДМ (акриловая кислота, диэтиленгликоль-диметакрилат)	50 мкм	$LiAsF_6$-ПК/ЭК/ ДМЭ	$1{,}0\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы механикалық қасиет және жақсы сулану	[61]
ПВДФ	Гамма-сәуле	АК (акриловая кислота) және ДМАА (N,N-диметилакриламид)	80-100 мкм	$LiPF_6$-ПК/ЭК		Жылдамдықтың жақсы өнімділігі және тұрақты цикл әрекеті	[62]
ПЭ	Жабу	ПВДФ-ГФП/ПММА	22 мкм	$LiClO_4$ ЭК/ ДЭК	$1{,}69\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Кеуектілігі, иондық өткізгіштігі және циклдік өнімділігі жақсы	[63]
ПП	Егу	ПЭГ		$LiPF_6$-ДМ/ЭК/ ЭМК	$1{,}0\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсартылған иондық өткізгіштік, жақсартылған интерфейске төзімділік және циклдік жүру өнімділігі	[64]

4-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
ПВДФ-ГФП	УФ	ПЭГДА (поли (этиленгликоль) де акрилат)	50 мкм	$LiPF_6$-ДМК/ЭК	$4{,}0\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жоғары сұйық электролиттің сақталу дәрежесі, сондай-ақ ең жақсы циклдік сипаттамалары және бөлім бетінің қасиеттері	[65]

Тоқыма емес материалдардың талшықты құрылымдары бар, олар құрылымдық тұтастық пен беріктікті бір-бірімен байланысқан талшықтар арқылы алады. Тоқыма емес материалдар әдетте кездейсоқ бағытталған талшықтарды химиялық және механикалық әдістермен желімдеу арқылы жасалады. Тоқыма емес материалдар дәстүрлі түрде балқытылған үрлеу әдісі [66-68] сияқты құрғақ әдіспен және ылғал әдіспен жасалады [69,70] және қағаз жасау әдісі [71,72] арқылы да ылғал әдіспен жасалады. Балқытылған үрлеу әдісі-бұл екі кезеңге бөлуге болатын байланыссыз процесс: талшықты торды қалыптастыру және талшықты торды желімдеу. Алдымен балқытылған полимер көптеген талшықтардан тұратын полимерлі торды қалыптастыру үшін саңылаулары бар иіргіш немесе штамп арқылы сығылады. Талшықтар созылып, жоғары жылдамдықты ыстық ауамен салқындатылады. Екінші кезеңде алынған материал орамдарға жиналады, содан кейін жеткілікті механикалық беріктігі бар тоқыма емес материал қалыптастыру үшін жоғары температура мен қысымда жабыстырылады. Екінші жағынан, ылғал процесс шайырды желім ретінде пайдаланады. Талшықты тор көптеген талшықтардан тұрады және шайыр жылу мен қысым арқылы негізгі талшықтарды байланыстыру үшін шашырайды. Құрғақ және ылғал процестер үшін дайын тоқыма емес материалдардың құрылымы мен қасиеттері полимер түрі, полимер құрамы, температура және қысым сияқты әртүрлі параметрлерге байланысты. Дәстүрлі құрғақ және ылғал түрде дайындалған тоқыма емес материалдар көбінесе қорғасын-қышқылды аккумулятор сепараторлары ретінде қолданылады. Тоқыма емес материалдардың талшықтарының диаметрі үлкен болғандықтан аккумуляторлар үшін жарамсыз болады, оның кеуек мөлшері мен диаметрін сәйкестендіру үшін электр иіру әдісі қолданылады [73]. Электр иіру басқа механикалық иіру әдістерінен түбегейлі ерекшеленеді. Әдеттегі электр иіру жоғары вольтты қуат көзінен, шприцтен, айналмалы саптамадан және жерге тұйықталған коллектордан тұрады. Шприцтегі электр иіру ерітіндісі мен жерге тұйықталған металл коллектор арасында жоғары кернеу қолданылады. Электр иіру әдісі диаметрі бірнеше микрометрден ондаған нанометрге дейінгі талшықтардан тұратын тоқыма емес материалдарды дайындаудың қарапайым және тиімді әдісі екені белгілі. Электр иіру арқылы алынған аккумулятор сепараторлары көптеген артықшылықтарға ие, соның ішінде жоғары кеуектілік, шағын кеуек өлшемі, өзара байланысты ашық кеуек құрылымы, жоғары өткізгіштік және үлкен бет ауданы т.б. 5-кестеде электр иіру әдісімен дайындалған тоқыма емес материалдардан жасалған сепараторлардың қасиеттері келтірілген.

Жоғарыда айтылғандай, электр иіру арқылы алынған тоқыма емес материалдардың көпшілігі литий-ионды аккумулятор сепараторлары ретінде

пайдалану үшін қажетті құрылым мен қасиеттерге ие. Алайда, микрокеуекті мембраналармен және модифицирленген микрокеуекті мембраналармен салыстырғанда, электр иіру маталары салыстырмалы түрде әлсіз және олардың механикалық қасиеттерін коммерциялық аккумуляторларды құрастыруда қолданылатын орау процесіне төтеп беру үшін жақсарту қажет. Дегенмен электр иіру әдісі өте баяу жүргендіктен, тоқыма емес материалдар дайындау үшін көп уақытты және көп шығынды қажет етеді. Сонымен қатар мұндай материалдар тек қана литийлі батареялар үшін ғана қолданылғандықтан мұндай өндіріс тиімсіз болып табылады.

Кесте 5

Тоқыма емес материалдардан жасалған сепараторлар

Материал	Еріткіш	Мембрана қалыңдығы	Талшық диаметрі	Сұйық электролит	Иондық өткізгіштік	Қосымша мәліметтер	Сілтеме
ПВДФ	Ацетон/(DMAC) Диметилацетамид	30 мкм	0,45 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДМК/ДЭК	$1,0 \cdot 10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Тұрақты зарядтау-разрядтау және жақсы цикл өнімділігі	[74]
ПВДФ/ ПВДФ - со-ГФП	Ацетон/(DMAC) Диметилацетамид	17 мкм	0,42 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДМК/ ДЭК	$1,0 \cdot 10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы цикл өнімділігі	[75]
ПАН	ДМФ	100 мкм	0,28-044 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДМК, ЭК/ДЭК ЭС/ЭМК, ПК	$2,0 \cdot 10^{-3}$ – $2,14 \cdot 10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы цикл өнімділігі және төмен сыйымдылықтың жоғалуы	[76]
ПАН	ДМФ	30 мкм	0,33 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДМК, ЭК/ЭМК, ЭК/ДЭК, ЭК/ДМК/ ДЭК	$1,0 \cdot 10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жоғары разряд сыйымдылығы және тұрақты циклдік өнімділік	[77]
ПВДФ/ ПАН	Ацетон/ДМФ	45 мкм	250-400 нм	$LiClO_4$-ПК	$3,8 \cdot 10^{-3}$-$7,8 \cdot 10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы анодтық тұрақтылық және жоғары электрохимиялық тұрақтылық терезесі	[78]

Аккумулятор сепараторларының физика-химиялық қасиеттерін жақсартудың маңызды әдістерінің бірі *композиттік мембраналарды* қалыптастыру үшін бейорганикалық бөлшектерді енгізу болып табылады. Бейорғаникалық бөлшектер ретінде алюминий оксиді (Al_2O_3), кремний диоксиді (SiO_2) және титан диоксиді (TiO_2) сияқты оксидтерді қосу сепаратордың механикалық, термиялық қасиетін жақсартатындығы әдебиеттерде келтіріледі [79,81]. Бейорганикалық бөлшектердің сонымен қатар гидрофильдік құрылымы ылғалдануды жақсартуы және кристалдық құрылымы литий иондарының қозғалғыштығын арттыруы мүмкін. 6-кестеде композиттік мембраналық сепараторлардың қасиеттері келтірілген.

Кесте 6

Композиттік мембраналық сепараторлар

Субстрат	Байланыс-тырушы	Бейорганикалық бөлшек	Мембрана қалыңдығы	Сұйық электролит	Иондық өткізгіштік	Қосымша мәліметтер	Сілтеме
ПП	ПЭО/ ПВДФ-ГФП	Al_2O_3	26 нм	$LiPF_6$-ЭК/ДМК/ ЭМК	$3,8\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы жылдамдық сыйымдылығы және циклдің тұрақтылығы	[82]
ПЭ	ПВДФ-ГФП	AlF_3, AlI_3, LiF, LiI	30 мкм	$LiClO_4$-ЭК/ДМК	$0,8\cdot10^{-3}$ – $1.2\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы сыйымдылықты сақтау және жоғары жылдамдықты өнімділікті жақсарту	[83]
ПЭ	ПММА	SiO_2	28 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ ДЭК	$7,4\cdot10^{-4}$ См·см$^{-1}$	Жақсартылған разряд сыйымдылығы және С-жылдамдық мүмкіндігі	[84]
ПММА	ПВДФ	Al_2O_3	30 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДЭК/ ЭМК	$5,3\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы сыйымдылықты сақтау және жоғары электрохимиялық тұрақтылық	[85]
ПВДФ-ГФП		$LiAlO_2$, MgO, Al_2O_3	30-50 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДМК	$3,9\cdot10^{-4}$ См·см$^{-1}$	Жақсы электрохимиялық тұрақтылық және сыйымдылықты жақсы сақтау	[86]
ПВДФ-ГФП		TiO_2	50 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ДМК	$1,7\cdot10^{-4}$ См·см$^{-1}$	Жақсы интерфейсаралық тұрақтылық және жылдамдықты жақсарту мүмкіндігі	[87]
ПВДФ-ГФП		ZrO2	50-80 мкм	$LiClO_4$-ЭК/ДМК	$1,1\cdot10^{-2}$ См·см$^{-1}$	Жоғары разряд сыйымдылығы және төмен сыйымдылық жоғалуы	[88]
ПТФЭ		$CaCO_3$	175-190 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ЭМК	$2.4\cdot10^{-3}$ См·см$^{-1}$	Жақсы жоғары жылдамдықты өнімділік және тамаша сыйымдылық ұстап қалу	[89]
ПЭ/ПП	ПАН	Al_2O_3, SiO_2	34 мкм	$LiPF_6$-ЭК/ ДЭК		Жақсы жылдамдық және тұрақты цикл өнімділігі	[90]

Жоғарыда айтылғандай, бейорганикалық бөлшектерді қосу жоғары өнімді литий-ионды аккумулятор сепараторларын алудың перспективалық тәсілі болып табылады.

Литий-ионды аккумуляторлар үшін жоғарыда айтылған барлық сепараторлар литий иондарын электродтар арасында тасымалдау үшін сұйық электролит қажет болады. Екінші жағынан, электролиттік мембраналар иондық өткізгіш болып табылады және екі электрод арасындағы бөлгіш және

электролит ретінде әрекет ете алады. Негізінен электролиттік мембраналардың төрт түрі бар: *қатты керамикалық электролит, полимерлі қатты электролит, полимерлі гельді электролит және композиттік электролит.*

Керамикалық қатты электролиттер кристалды болғандықтан сынғыш келеді, бұл аккумуляторлар үшін қолайсыз болып табылады.

Полимерлі қатты электролиттер жоғары молекулалы полимерден және литий тұздарынан тұрады. Әдеттегі *полимерлі қатты электролиттер* қатты еріткіш ретінде әрекет етіп, литий тұзын ерітеді. Полимерлі қатты электролиттер үшін кеңінен қолданылатын полимерлер ПЭО, ПАН, ПВДФ және ПММА. Бірақ мұндай полимерлі қатты электролиттердің иондық өткізгіштігі төмен болады, өйткені полимердің кристалдық фазасы иондардың қозғалуына кері әсер етеді.

Қатты полимерлі электролиттермен салыстырғанда *гельді полимерлі электролиттердің* иондық өткізгіштігі едәуір жоғары. Олар сондай-ақ электрохимиялық кең терезеге, жоғары термиялық тұрақтылыққа және электродтармен жақсы үйлесімділікке ие. Гельді полимерлі электролиттердегі зарядты тасымалдау механизмі сұйық электролиттердегі механизмге ұқсас.

Композиттік электролиттерді полимерлі қатты электролиттерге немесе гельді полимерлі электролиттерге әртүрлі толтырғыштарды енгізу арқылы жасауға болады. Әсіресе оксидтер электролиттердің иондық өткізгіштігі мен фазааралық қасиеттерін жақсарту үшін кеңінен қолданылатын бейорганикалық толтырғыштар болып табылады

Сонымен сепаратор қайта зарядталатын литий-ионды батареяның маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Сепаратордың негізгі рөлі батареяның оң және теріс электродтары арасындағы физикалық байланыстың алдын алу және ішкі қысқа тұйықталудың алдын алу болып табылады, ал ол иондардың тасымалдануын қамтамасыз ету үшін электролит резервуары ретінде қызмет етеді. Идеал сепаратор жасушаның ішкі кедергісін төмендету үшін электролиттің үлкен сіңірілуіне ие болуы керек, жоғары механикалық беріктігі бар өте жұқа болуы керек, электрохимиялық және құрылымдық тұрақты болуы керек, сонымен қатар дендритті литийдің өсуіне жол бермейтін жоғары кеуекті құрылымы болуы керек. Сонымен қатар, сепаратор батареяның қауіпсіздігі үшін қызып кеткен кезде батареяны өшіре алуы керек. Дегенмен, практикалық сепараторлар осы тамаша қасиеттердің барлығына ие бола алмайды және өнімділігі жоғары батареяларды алу үшін сепаратордың әртүрлі қасиеттерін теңестіру өте маңызды болады. Сепараторлардың құрылымы мен қасиеттеріне қойылатын нақты талаптар белгілі бір қасиеттерді қажет ететін батареяның нақты қолданылуына байланысты.

Болашақта батарея сепараторлары бірегей қасиеттерді, соның ішінде негізгі талаптарды талап етеді, өйткені жетілдірілген батареяларға сұраныс жалғасуда. Литий-ионды батареяларда қолданылатын жетілдірілген сепараторларды дайындау үшін өзін-өзі құрастыру және атомдық қабатты тұндыру сияқты бірегей әдістерді де қолдануға болады. Сондықтан тамаша өнімділігі бар жетілдірілген батареяларды жасау үшін жаңа сепаратор конструкцияларын әзірлеу үшін қосымша зерттеулер қажет.

Жоғарыдағы шолу ақпараттарына сүйене отырып болашақта баламалы ток көздері үшін тиімділігі жоғары батареяларды барлық талаптарлы ескере отырып даярлау қиынға соқпайды. Соның ішінде құрамында бейорганикалық

толтырғыштар (керамика, саз) бар батареялар жасау қауіпсіз деуге болады. Себебі, сазды материалдардың физикалық және химиялық қасиеттері (отқа төзімділігі, агрессивті ортаға тұрақтылығы) қауіпсіз батареялар жасауға толық мүмкіндік береді [91-93]. Сондықтан, болашақта саздар негізіндегі баламалы ток көздерін дамыту қызығушылық тудырады.

Қорытынды. Бұл шолу жұмыста литий-ионды аккумуляторлардағы негізгі және аса маңызды компоненттердің бірі – сепаратордың маңыздылығы жан-жақты талданды. Сепаратор тек қана анод пен катодты физикалық түрде бөлу қызметін атқарып қоймай, аккумулятордың қауіпсіздігі мен электрохимиялық өнімділігіне тікелей әсер ететін маңызды құрылымдық элемент ретінде қарастырылды.

Сепаратордың даму тарихы қарастырылып, әр кезеңдегі технологиялық жетістіктердің аккумулятор сипаттамаларын жетілдіруге қалай әсер еткені көрсетілді. Сонымен қатар, қазіргі таңдағы сепараторларға қойылатын негізгі талаптар (жоғары иондық өткізгіштік, термиялық және механикалық тұрақтылық, химиялық инерттілік пен минималды қалыңдық) нақты сандық көрсеткіштермен сипатталды.

Берілген шолудағы ақпаратты химиялық ток көздері үшін құрамында бейорганикалық толтырғыштар бар полимерлі сепараторлар алу мақсатында жасалынып жатқан ғылыми зерттеу жұмыстарына қолдана отырып, қазіргі кезде мақала авторларымен поливинилидендифторид (ПВДФ), поливинилпирролидон (ПВП), бентонит, каолин, негізінде жасалған полимерлі матрицаларға негізделген пленкалар әзірленіп, сонымен қатар оларды батареялар және конденсаторларда мембраналық сепараторлар ретінде пайдалану міндеттелуде.

Әдеби шолудағы сепараторларға қойылатын талаптар ескеріле отырып, авторлармен тиімділігі жоғары болатын заманауи аккумуляторларға (батареяларға) арналған мембрана қасиеттерін, атап айтқанда, әр түрлі қатынаста құрамы ПВДФ-ПВП-каолин негізінде алынған мембрана-сепараторлардың (қатты полимерлі электролит) тиімді құрамы, иондық өткізгіштігі, электрохимиялық, механикалық және термиялық қасиеттері зерттелінуде. Алда полимерлі сепаратордың сканерлеуші электронды микроскоп зерттеулері және инфрақызыл спектроскопия әдісімен талдауы жоспарлануда.

Сепаратордың иондық өткізгіштігі оның ток өткізу қабілетін бағаласа, механикалық қасиеті ұзаққа жарамдылығы мен беріктігін сипаттайды, сонымен қатар батареяларды температураны реттеу және оған шыдамды болу маңызды көрсеткіш болып табылады. Осы параметрлерді анықтай және бағалай отыра тиімділігі жоғары мембрана-сепаратор жасауға қол жеткізіледі. Алынған материалдардың электрохимиялық қасиеттерін талдау мембраналық сепаратордың циклдік тұрақтылығын бақылау арқылы композиттерді сепаратор ретінде пайдалану ықтималдығын және ток көздерінде бөлгіш ретінде тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

Алынған нәтижелер бойынша түрлендіргіштің мембраналы сепараторлардың қасиеттеріне әсер етуінің физика-химиялық аспектілерін мұқият зерттеу іргелі білімді одан әрі жинақтау және полимер матрицасы мен толтырғыш арасындағы өзара әрекеттесу заңдылықтарын шығару үшін маңызды болады. Бұл пайдаланушыға қажетті сипаттамалары бар мембраналық сепаратордың құрамдас бөліктерін таңдауды жеңілдетеді. Сепараторларға қойылатын негізгі талаптар қорытындылау мақсатында 1-кестеде жинақталған.

Әдебиеттер тізімі

1. Zhang S.S. A review on the separators of liquid electrolyte Li-ion batteries // Journal of Power Sources. – 2007. – Vol. 164. – P. 351-364.
2. Gabano, J.B. Electrochemical generator with non-aqueous electrolyte: U.S. Patent № 3 542 601. – 1970.
3. Gabano, J.B., Gerbier, G. Electrochemical generator utilizing a lithium anode, copper sulfide cathode and non-aqueous electrolytes: U.S. Patent № 3 511 716. – 1970.
4. Gabano J.B., Dechenaux V., Gerbier G., Jammet J. D-size lithium cupric sulfide cells // Journal of The Electrochemical Society. – 1972. – Vol. 119. – P. 459.
5. Jasinski, J. High energy batteries. – New York : Plenum Press, 1967. – 700 p.
6. Maricle, D.L., Mohns, J.P. Electrochemical cell containing sulfur dioxide as the cathode depolarizer: U.S. Patent № 3 567 515. – 1971.
7. Dey A.N. Primary Li/$SOCl_2$ cells. I. Performance characteristics of hermetically sealed D cells // Electrochimica Acta. – 1976. – Vol. 21. – P. 855–860.
8. David W.I.F., Thackeray M.M., Bruce P.G., Goodenough J.B. Lithium insertion into manganese spinels // Materials Research Bulletin. – 1983. – Vol. 18. – P. 461–472.
9. Selman R., Agarwal R.R. Stagewise electrochemical intercalation of lithium in graphite by means of a molten salt cell // Journal of The Electrochemical Society. – 1985. – Vol. 62. – P. 352-370.
10. Arora P., Zhang Z. Battery separators // Chemical Reviews. – 2004. – Vol. 104. – P. 4419-4462.
11. Miranda D., Costa C.M., Almeida A.M., Lanceros-Méndez S. Modeling separator membranes physical characteristics for optimized lithium-ion battery performance // Solid State Ionics. – 2015. – Vol. 278. – P. 78-84.
12. Lee H., Yanilmaz M., Toprakci O., Fu K., Zhang X. A review of recent developments in membrane separators for rechargeable lithium-ion batteries // Energy & Environmental Science. – 2014. – Vol. 7. – P. 3857-3886.
13. Heidari A.A., Mahdavi H. Recent development of polyolefin-based microporous separators for Li-ion batteries: A review // Chemical Record. – 2020. – Vol. 20. – P. 570-595.
14. Li D., Shi D., Xia Y., Qiao L., Li X., Zhang H. Superior thermally stable and nonflammable porous polybenzimidazole membrane with high wettability for high-power lithium-ion batteries // ACS Applied Materials & Interfaces. – 2017. – Vol. 9. – P. 8742-8750.
15. Jeon D.H. Wettability in electrodes and its impact on the performance of lithium-ion batteries // Energy Storage Materials. – 2019. – Vol. 18. – P. 139-147.
16. Zhu B., Zheng T., Xiong J., Shi X., Cheng Y.J., Xia Y. A lithium-ion battery cathode with enhanced wettability toward an electrolyte fabricated by a fast light curing of photoactive slurry // Energy & Fuels. – 2022. – Vol. 36. – P. 3313-3318.
17. Huang Q., Zhao C., Li X. Enhanced electrolyte retention capability of separator for lithium-ion battery constructed by decorating ZIF-67 on bacterial cellulose nanofiber // Cellulose. – 2021. – Vol. 28. – P. 3097-3112.
18. Zhai P., Liu K., Wang Z., Shi L., Yuan S. Multifunctional separators for high-performance lithium-ion batteries // Journal of Power Sources. – 2021. – Vol. 499. – Article 229973.
19. Xie Y., Zou H., Xiang H., Xia R., Liang D., Shi P., Dai S., Wang H. Enhancement on the wettability of lithium battery separator toward nonaqueous electrolytes // Journal of Membrane Science. – 2016. – Vol. 503. – P. 25-30.
20. Liu F., Chuan, X. Recent developments in natural mineral-based separators for lithium-ion batteries // RSC Advances. – 2021. – Vol. 11. – P. 16633-16644.
21. Reizabal A., Gonçalves R., Fidalgo-Marijuan A., Costa C.M., Pérez L., Vilas J.L., Lanceros-Méndez S. Tailoring silk fibroin separator membranes pore size for improving performance of lithium-ion batteries // Journal of Membrane Science. – 2020. – Vol. 598. – Article 117678.

22. Costa C.M., Lee Y.H., Kim J.H., Lee S.Y., Lanceros-Méndez S. Recent advances on separator membranes for lithium-ion battery applications: From porous membranes to solid electrolytes // Energy Storage Materials. – 2019. – Vol. 22. – P. 346-375.
23. Kim J.R., Choi S.W., Jo S.M., Lee W.S., Kim B.C. Electrochemical and spectroscopic properties of electrospun PAN-based fibrous polymer electrolytes // Journal of The Electrochemical Society. – 2005. – Vol. 152. – P. 295.
24. Pan R., Sun R., Wang Z., Lindh J., Edström K., Strømme M., Nyholm L. Sandwich-structured nano/micro fiber-based separators for lithium metal batteries // Nano Energy. – 2019. – Vol. 55. – P. 316-326.
25. Nunes-Pereira J., Lopes A.C., Costa C.M., Rodrigues L.C., Silva M.M., Lanceros-Méndez S. Microporous membranes of NaY zeolite/poly(vinylidene fluoride–trifluoroethylene) for Li-ion battery separators // Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2013. – Vol. 689. – P. 223-232.
26. Francis C.F., Kyratzis I.L., Best A.S. Lithium-ion battery separators for ionic-liquid electrolytes: A review // Advanced Materials. – 2020. – Vol. 32. – Article 1904205.
27. Deng K., Qin J., Wang S., Ren S., Han D., Xiao M., Meng Y. Effective suppression of lithium dendrite growth using a flexible single-ion conducting polymer electrolyte // Small. – 2018. – Vol. 14. – Article 1801420.
28. Book of ASTM standards [Electronic resource]. – 1916. – Access mode: https://archive.org/details/bookofastmstan1916amer/page/n5/mode/2up.
29. Wang Y., Yin C., Song Z., Wang Q., Lan Y., Luo J., Bo L., Yue Z., Sun F., Li X. Application of PVDF organic particles coating on polyethylene separator for lithium-ion batteries // Materials. – 2019. – Vol. 12. – Article 3125.
30. Shi C., Zhang P., Huang S., He X., Yang P., Wu D., Sun D., Zhao J. Functional separator consisted of polyimide nonwoven fabrics and polyethylene coating layer for lithium-ion batteries // Journal of Power Sources. – 2015. – Vol. 298. – P. 158-165.
31. Liu K., Liu W., Qiu Y., Kong B., Sun Y., Chen Z., Zhuo D., Lin D., Cui Y. Electrospun core-shell microfiber separator with thermal-triggered flame-retardant properties for lithium-ion batteries // Science Advances. – 2017. – Vol. 3. – Article e1601973.
32. Liu J., Liu Y., Yang W., Ren Q., Li F., Huang Z. Lithium-ion battery separator with high performance and high safety enabled by tri-layered SiO_2@PI/m-PE/SiO_2@PI nanofiber composite membrane // Journal of Power Sources. – 2018. – Vol. 396. – P. 265-275.
33. Djian D., Alloin F., Martinet S., Lignier H., Sanchez J.Y. Lithium-ion batteries with high charge rate capacity: influence of the porous separator // Journal of Power Sources. – 2007. – Vol. 172. – P. 416-421.
34. Ihm D.W., Noh J.G., Kim J.Y. Effect of polymer blending and drawing conditions on properties of polyethylene separator prepared for Li-ion secondary battery // Journal of Power Sources. – 2002. – Vol. 109. – P. 388-393.
35. Saunier J., Alloin F., Sanchez J., Caillon G. Thin and flexible lithium-ion batteries: investigation of polymer electrolytes // Journal of Power Sources. – 2003. – Vol. 119-121. – P. 454-459.
36. Djian D., Alloin F., Martinet S., Lignier H. Macroporous poly(vinylidene fluoride) membrane as a separator for lithium-ion batteries with high charge rate capacity // Journal of Power Sources. – 2009. – Vol. 187. – P. 575-580.
37. Croce F., Gerace F., Dautzenberg G., Passerini S., Appetecchi G.B., Scrosati B. Synthesis and characterization of highly conducting gel electrolytes // Electrochimica Acta. – 1994. – Vol. 39. – P. 2187-2194.
38. Appetecchi G.B., Croce F., Scrosati B. High-performance electrolyte membranes for plastic lithium batteries // Journal of Power Sources. – 1997. – Vol. 66. – P. 77-82.
39. Kang S.M., Ryou M.H., Choi J.W., Lee H. Mussel- and diatom-inspired silica coating on separators yields improved power and safety in Li-ion batteries // Chemistry of Materials. – 2012. – Vol. 24. – P. 3481-3485.

40. Janmey, R.M. Electrochemical cell with reinforced separator: U.S. Patent 6828061. – 2004.
41. Arrance, F.C., Mesa, C. Battery separator: U.S. Patent 3542596. – 1970.
42. Taskier, H.T. Hydrophilic polymer coated microporous membranes capable of use as a battery separator: U.S. Patent 4359510. – 1982.
43. Hashimoto, T., Totsuka, H., Takahata, M., Takanashi, M., Oota, Y., Sano, K. Separator for power storage device: U.S. Patent 20100316912. – 2010.
44. Carlson, S.A. Microporous separators: U.S. Patent 20040185335. – 2004.
45. Ying, Q., Carlson, S.A., Skotheim, T.A. Protective coating for separators for electrochemical cells: U.S. Patent 6194098. – 2001.
46. Lang, C.D., Faircloth, T.J. Apparatus and method for solution coating thin layers: U.S. Patent 20110086164. – 2011.
47. Kim, J.H., Yu, J.S., Choi, J.H. Rechargeable lithium battery using separator partially coated with gel polymer: U.S. Patent 8003263. – 2011.
48. Jeong H.S., Kim J.H., Lee S.Y. A novel poly(vinylidene fluoride-hexafluoropropylene)/poly(ethylene terephthalate) composite nonwoven separator with phase inversion-controlled microporous structure for a lithium-ion battery // Journal of Materials Chemistry. – 2010. – Vol. 20. – P. 9180-9187.
49. Jeong H.S., Choi E.S., Kim J.H., Lee S.Y. Potential application of microporous structured poly(vinylidene fluoride-hexafluoropropylene)/poly(ethylene terephthalate) composite nonwoven separators to high-voltage and high-power lithium-ion batteries // Electrochimica Acta. – 2011. – Vol. 56. – P. 5201-5206.
50. Yu, W.C., Hux, S.E. Method of making a trilayer battery separator: U.S. Patent 5952120. – 1999.
51. Lee Y.M., Kim J.W., Choi N.S., Lee J.A., Seol W.H., Park J.K. Novel porous separator based on PVdF and PE non-woven matrix for rechargeable lithium batteries // Journal of Power Sources. – 2005. – Vol. 139. – P. 235-241.
52. Lee Y.M., Choi N.S., Lee J.A., Seol W.H., Cho K.Y., Jung H.Y., Kim J.W., Park J.K. Electrochemical effect of coating layer on the separator based on PVdF and PE non-woven matrix // Journal of Power Sources. – 2005. – Vol. 146. – P. 431-436.
53. Park J.H., Park W., Kim J.H., Ryoo D.J., Kim H.S., Jeong Y.U., Kim D.W., Lee S.Y. Close-packed poly(methyl methacrylate) nanoparticle arrays-coated polyethylene separators for high-power lithium-ion polymer batteries // Journal of Power Sources. – 2011. – Vol. 196. – P. 7035-7038.
54. Zhang H.P., Zhang P., Li Z.H., Sun M., Wu Y.P., Wu H.Q. A novel sandwiched membrane as polymer electrolyte for lithium-ion battery // Electrochemistry Communications. – 2007. – Vol. 9. – P. 1700-1703.
55. Tanaka, T., Yamaguchi, H., Takimoto, N., Yamashita, M., Hamamoto, S. Battery separator, process for producing the same, and alkaline battery: U.S. Patent 6821680. – 2004.
56. Takeuchi, Y., Kawabe, M., Yamazaki, H., Kaneko, M., Anan, G., Sato, K. Sulfur containing atomic group introduced porous article: U.S. Patent 6171708. – 2001.
57. Kim J.Y., Lim D.Y. Surface-modified membrane as a separator for lithium-ion polymer battery // Energies. – 2010. – Vol. 3. – P. 866-872.
58. Tanaka, M., Yamazaki, H., Kondo, Y., Takahashi, K., Takase, T., Oota, S. Battery separator: U.S. Patent 6586137. – 2003.
59. Kim J.Y., Lee Y., Lim D.Y. Plasma-modified polyethylene membrane as a separator for lithium-ion polymer battery // Electrochimica Acta. – 2009. – Vol. 54. – P. 3714-3719.
60. Gineste J.L., Pourcelly G. Pyrogallic acid-coated polypropylene membrane as separator for lithium-ion batteries // Journal of Membrane Science. – 1995. – Vol. 107. – P. 155-160.
61. Jarvis C.R., Macklin W.J., Macklin A.J., Mattingley N.J., Kronfli E. Use of grafted PVdF-based polymers for lithium batteries // Journal of Power Sources. – 2001. – Vol. 97. – P. 664-668.

62. Sohn J.Y., Im J.S., Shin J., Nho Y.C. PVDF-HFP/PMMA-coated PE separator for lithium-ion battery // Journal of Solid State Electrochemistry. – 2012. – Vol. 16. – P. 2551-2557.
63. Fang L.F., Shi J.L., Ku B., Zhu L.P. Facile introduction of polyether chains onto polypropylene separators and its application in lithium-ion batteries // Journal of Membrane Science. – 2013. – Vol. 448. – P. 143-150.
64. Song M.K., Kim Y.T., Cho B.W., Popov B.N., Rhee H.W. Thermally stable gel polymer electrolytes // Journal of The Electrochemical Society. – 2003. – Vol. 150. – P. A439-A444.
65. Zucker, J. Melt blown battery separator: U.S. Patent 6692868. – 2004.
66. Sudou, Y., Suzuki, H., Nagami, S., Ikuta, K., Yamamoto, T., Okijima, S., Suzuki, S., Ueshima, H. Separator for battery and lithium ion battery using the same: U.S. Patent 20060073389. – 2006.
67. Schortmann, W.E. Nonwoven laminate with wet-laid barrier fabric and related method: U.S. Patent 5204165. – 1993.
68. Tanaka, M., Tokutake, N. Alkaline battery separator and process for producing the same: U.S. Patent 6030727. – 2000.
69. Ashida, T., Tsukuda, T. Nonwoven fabric for separator of non-aqueous electrolyte battery and non-aqueous electrolyte battery using the same: U.S. Patent 6200706. – 2001.
70. Mathur, A. Recyclable thermoplastic moldable nonwoven liner for office partition and method for its manufacture: U.S. Patent 6517676. – 2003.
71. Locquet J.P., Perret J., Fompeyrine J., Machler E., Seo J.W., Van Tendeloo G. Doubling the critical temperature of $La_{1.9}Sr_{0.1}CuO_4$ using epitaxial strain // Nature. – 1998. – Vol. 394. – P. 453-456.
72. Croce F., Curini R., Martinelli A., Persi L., Ronci F., Scrosati B., Caminiti R. Physical and chemical properties of nanocomposite polymer electrolytes // The Journal of Physical Chemistry B. – 1999. – Vol. 103. – P. 10632-10638.
73. Kim J.R., Choi S.W., Jo S.M., Lee W.S., Kim B.C. Electrospun PVdF-based fibrous polymer electrolytes for lithium-ion polymer batteries // Electrochimica Acta. – 2004. – Vol. 50. – P. 69-75.
74. Lee S.W., Choi S.W., Jo S.M., Chin B.D., Kim D.Y., Lee K.Y. Electrochemical properties and cycle performance of electrospun poly(vinylidene fluoride)-based fibrous membrane electrolytes for Li-ion polymer battery // Journal of Power Sources. – 2006. – Vol. 163. – P. 41-47.
75. Raghavan P., Manuel J., Zhao X., Kim D.S., Ahn J.H., Nah C. Preparation and electrochemical characterization of gel polymer electrolyte based on electrospun polyacrylonitrile nonwoven membranes for lithium batteries // Journal of Power Sources. – 2011. – Vol. 196. – P. 6742-6749.
76. Choi S.W., Kim J.R., Jo S.M., Lee W.S., Kim Y.R. Electrochemical and spectroscopic properties of electrospun PAN-based fibrous polymer electrolytes // Journal of The Electrochemical Society. – 2005. – Vol. 152. – P. A989-A995.
77. Gopalan A., Santhosh P., Manesh K., Nho J., Kim S., Hwang C., Lee K. Development of electrospun PVdF–PAN membrane-based polymer electrolytes for lithium batteries // Journal of Membrane Science. – 2008. – Vol. 325. – P. 683-689.
78. Khalil A.M., Kenawy S.H. Hybrid membranes based on clay-polymer for removing methylene blue from water // Acta Chimica Slovenica. – 2020. – Vol. 67, No. 1. – P. 96-104.
79. Aoues A., Merdoud O., Boulakradeche M.O., Arous O., Abdessemed D.J. Preparation and characterization of polymer inclusion membranes based on biodegradable cellulose/Algerian clay for heavy metals removal from wastewater // Cellulose Chemistry and Technology. – 2024. – Vol. 58, No. 7–8. – P. 891-899.
80. Liao Y.H., Li X.P., Fu C.H., Xu R., Zhou L., Tan C.L., Hu S.J., Li W.S. Polypropylene-supported and nano-Al_2O_3-doped PEO–PVdF-HFP-based gel electrolyte for lithium-ion batteries // Journal of Power Sources. – 2011. – Vol. 196. – P. 2115-2121.

81. Eo S.M., Cha E., Kim D.W. Effect of an inorganic additive on the cycling performances of lithium-ion polymer cells assembled with polymer-coated separators // Journal of Power Sources. – 2009. – Vol. 189. – P. 766-770.
82. Park J.H., Cho J.H., Park W., Ryoo D., Yoon S.J., Kim J.H., Jeong Y.U., Lee S.Y. Close-packed SiO_2/poly(methyl methacrylate) binary nanoparticles-coated polyethylene separators for lithium-ion batteries // Journal of Power Sources. – 2010. – Vol. 195. – P. 8306-8312.
83. Kim M., Han G.Y., Yoon K.J., Park J.H. Preparation of a trilayer separator and its application to lithium-ion batteries // Journal of Power Sources. – 2010. – Vol. 195. – P. 8302-8305.
84. Prosini P.P., Villano P., Carewska M. A novel intrinsically porous separator for self-standing lithium-ion batteries // Electrochimica Acta. – 2002. – Vol. 48. – P. 227-233.
85. Miao R., Liu B., Zhu Z., Liu Y., Li J., Wang X., Li Q. PVDF-HFP-based porous polymer electrolyte membranes for lithium-ion batteries // Journal of Power Sources. – 2008. – Vol. 184. – P. 420-426.
86. Subramania A., Kalyana Sundaram N.T., Sathiya Priya A.R., Vijaya Kumar G. Preparation of a novel composite microporous polymer electrolyte membrane for high-performance Li-ion battery // Journal of Membrane Science. – 2007. – Vol. 294. – P. 8-15.
87. Zhang S.S., Xu K., Jow T.R. Alkaline composite film as a separator for rechargeable lithium batteries // Journal of Solid State Electrochemistry. – 2003. – Vol. 7. – P. 492-499.
88. Cho T.H., Tanaka M., Ohnishi H., Kondo Y., Yoshikazu M., Nakamura T., Sakai T. Composite nonwoven separator for lithium-ion battery: development and characterization // Journal of Power Sources. – 2010. – Vol. 195. – P. 4272-4277.
89. Feriancova A., Dubec A., Pagacova J., Pajtasova M. Modification of the filler based on kaolin and its use in the polymer composites // MATEC Web of Conferences. – 2022. – Vol. 357. – Article 07004.
90. Zou D., Fan W., Xu J., Drioli E., Chen X., Qiu M., Fan Y. One-step engineering of low-cost kaolin/fly ash ceramic membranes for efficient separation of oil–water emulsions // Journal of Membrane Science. – 2021. – Vol. 621. – Article 118954.
91. Aloulou H., Aloulou W., Duplay J., Baklouti L., Dammak L., Aman R.B. Development of ultrafiltration kaolin membranes over sand and zeolite supports for the treatment of electroplating wastewater // Membranes. – 2022. – Vol. 12. – No. 11. – Article 1066.
92. Ali M., Mir S., Atanase L.I., Abidb O., Kazi M. Chitosan–PVA–PVP/nano-clay composite: a promising tool for controlled drug delivery // RSC Advances. – 2024. – Vol. 14. – P. 15777-15790.
93. Lee H., Lee D. Composite membrane containing titania nanofibers for battery separators used in lithium-ion batteries // Membranes. – 2023. – Vol. 13. – Article 499.

Материал редакцияға 28.04.25 түсті, 17.12.25 қабылданды.

Г.А. Сулейменова[1], Е.Ж. Усипбекова[1], А. Даулетбай[2], А.Т. Қонаров[2], Г.А. Сейлханова[1]

[1]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
[2]Назарбаев Университет, Астана, Казахстан

СЕПАРАТОРЫ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ: НАУЧНЫЙ ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Аннотация. Сепаратор, являясь одним из ключевых компонентов литий-ионных аккумуляторов, играет важную роль в обеспечении их безопасности и

электрохимических характеристик. Он представляет собой тонкую пористую мембрану, предотвращающую короткое замыкание между катодом и анодом, а также обеспечивающую транспорт ионов. Хотя сепаратор непосредственно не участвует в электрохимических реакциях во время работы аккумулятора, он оказывает прямое влияние на его безопасность и эксплуатационные характеристики. В связи с этим требования к сепараторам чрезвычайно высоки и продолжают оставаться предметом активных исследований. Несмотря на то, что, за последнее десятилетие внимание исследователей к разработке новых сепараторов значительно возросло, история их создания восходит к 1970-м годам. В настоящем литературном обзоре на основе мировой научной литературы рассмотрены этапы развития технологий изготовления сепараторов, их эволюция, основные требования и характеристики, а также современные типы сепараторов. Особое внимание уделено количественному анализу и рассмотрению ключевых показателей и критериев, важных для разработки многофункциональных сепараторов следующего поколения.

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор, сепаратор, требования, электрохимия, электрохимические показатели, композитные материалы.

G.A. Suleimenova[1], Ye.Zh. Ussipbekova[1], A. Dauletbay[2], A.T. Konarov[2], G.A. Seilkhanova[1]

[1]al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2]Nazarbaev University, Astana, Kazakhstan

LITHIUM-ION BATTERY SEPARATORS: SCIENTIFIC REVIEW AND PROMISING AREAS OF DEVELOPMENT

Abstract. The separator, being one of the key components of lithium-ion batteries, plays an important role in ensuring their safety and electrochemical characteristics. It is a thin porous membrane that prevents a short circuit between the cathode and the anode, as well as providing ion transport. Although the separator is not directly involved in electrochemical reactions during battery operation, it has a direct impact on its safety and performance. In this regard, the requirements for separators are extremely high and continue to be the subject of active research. Despite the fact that researchers' attention to the development of new separators has increased significantly over the past decade, the history of their creation dates back to the 1970s. Based on the world scientific literature, this literary review examines the stages of development of separator manufacturing technologies, their evolution, basic requirements and characteristics, as well as modern types of separators. Special attention is paid to the quantitative analysis and consideration of key indicators and criteria important for the development of multifunctional separators of the next generation.

Keywords: lithium-ion battery, separator, requirements, electrochemistry, electrochemical parameters, composite materials.

IRSTI 61.59.29

Helder T. Gomes ©

PhD, Professor
https://orcid.org/0000-0001-6898-2408
Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal
htgomes@ipb.pt

https://doi.org/10.55956/CFUJ7551

INFLUENCE OF ORGANIC REDUCING AGENTS ON THE TEXTURAL AND CATALYTIC PROPERTIES OF $LaCoO_3$

Abstract. This work investigates the influence of soft organic templates on the structural, textural, and catalytic properties of perovskite-type $LaCoO_3$ catalysts synthesized by the co-precipitation method. D-glucose, D-fructose, and D-galactose were used as organic reducing agents. Precipitation was carried out using sodium hydroxide, after which the obtained precursors were subjected to successive thermal treatment in air at 300 and 750 °C. It was established that after calcination all samples predominantly form the $LaCoO_3$ perovskite phase with a minor admixture of Co_3O_4. According to nitrogen adsorption and electron microscopy data, the samples are characterized by a mesoporous structure with pore diameters in the range of 13–24 nm. Catalytic tests in the Fischer–Tropsch synthesis showed that the use of soft organic templates promotes an increase in alcohol yield and a decrease in methane and hydrocarbon formation. The highest catalytic efficiency in alcohol synthesis was demonstrated by the $LaCoO_3$-Gal and $LaCoO_3$-F samples.

Keywords: catalyst, perovskite, Fischer–Tropsch synthesis.

Gomes H.T. Influence of organic reducing agents on the textural and catalytic properties of $LaCoO_3$ //Mechanics and Technology / Scientific journal. – 2025. – No.4(90). – P.381-385. https://doi.org/10.55956/CFUJ7551

Introduction. Catalysts based on perovskite-type complex oxides with the composition $LaCoO_3$ attract considerable interest due to their combination of high thermal stability, tunable redox properties, and the ability to form active metallic phases under catalytic reaction conditions. In particular, cobalt-containing perovskites are considered promising materials for syngas conversion processes, including Fischer–Tropsch synthesis and the production of oxygen-containing products such as alcohols [1,2]. One of the key factors determining the catalytic performance of perovskite materials is their textural properties, including specific surface area, porosity, and morphology. It is known that conventional synthesis methods for $LaCoO_3$ often lead to the formation of dense, low-porosity materials with low surface areas, which limits the accessibility of active sites. In this regard, the use of soft organic templates capable of influencing crystallization processes and pore structure formation during thermal treatment is of particular interest [3-6].

The application of organic compounds such as monosaccharides as soft templates and reducing agents makes it possible to control cation distribution in the

precursor, as well as decomposition and phase formation processes during calcination. As a result, a perovskite structure with modified textural and morphological characteristics may be formed, which can significantly affect catalytic activity and selectivity [5,7-9].

The aim of this work is to study the influence of organic reducing agents – D-glucose, D-fructose, and D-galactose – on the textural, phase, and catalytic properties of $LaCoO_3$ catalysts prepared by the co-precipitation method, as well as to establish the relationship between their structural features and behavior in the Fischer–Tropsch synthesis reaction.

Materials and methods. Samples containing organic reducing agents were prepared using soft templates: D-glucose ($LaCoO_3$-Glu), D-fructose ($LaCoO_3$-F), and D-galactose ($LaCoO_3$-Gal). The catalysts were synthesized by the co-precipitation method using sodium hydroxide as the precipitating agent. The obtained precursors were subjected to successive thermal treatment in air at 300 °C for 3 h and 750°C for 4 h [2]. The thermal treatment program was selected based on thermogravimetric analysis, which showed that soft organic templates and their residues decompose at temperatures of about 360°C.

The specific surface area of all samples was determined by the Brunauer–Emmett–Teller (BET) method. Textural characteristics were investigated using nitrogen adsorption isotherms at 150°C on an ASAP-2400 instrument (Micromeritics, USA).

The phase composition of the samples was determined by X-ray diffraction (XRD) using a D-8 diffractometer (Bruker) with Cu Kα radiation. Measurements were carried out by stepwise scanning with an interval of 0.05° in the 2θ range of 20–80°.

Research results and discussion. According to XRD data, the obtained samples predominantly contain the $LaCoO_3$ perovskite phase (JCDD PDF2 00-025-1060) with a small amount of cobalt oxide Co_3O_4 (JCDD PDF2 00-009-0418). XRD patterns of samples calcined at 750°C are presented in Figure 1.

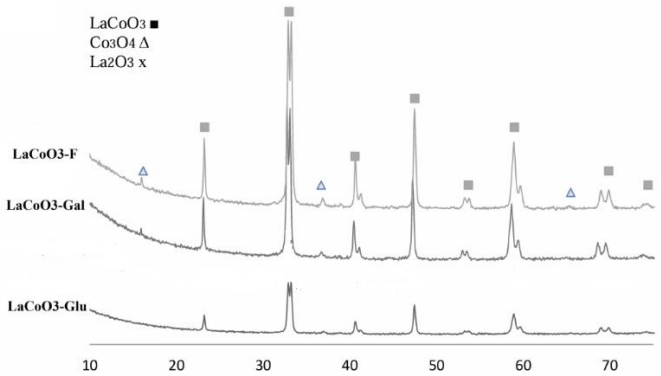


Fig. 1. XRD patterns of samples prepared using soft templates after calcination at 750°C

The pore diameter in samples based on monosaccharides is relatively small. This may be due to significant rearrangement of the crystal structure during perovskite formation as a result of disrupted cation homogenization during synthesis. The results of the investigation of the fine porous structure, clarifying the differences in the influence of the templates, are presented in Table 1.

Table 1

Summary of textural properties of the catalysts

Sample	S, m^2/g	D_{pores}, нм
$LaCoO_3$-Glu	6	24
$LaCoO_3$-Gal	6	13
$LaCoO_3$-F	6	17

According to TEM data (Fig. 2), the sample prepared using fructose consists of crystallized blocks of the target perovskite surrounded by an amorphous precursor phase containing lanthanum and cobalt oxides as well as a significant amount of carbon.

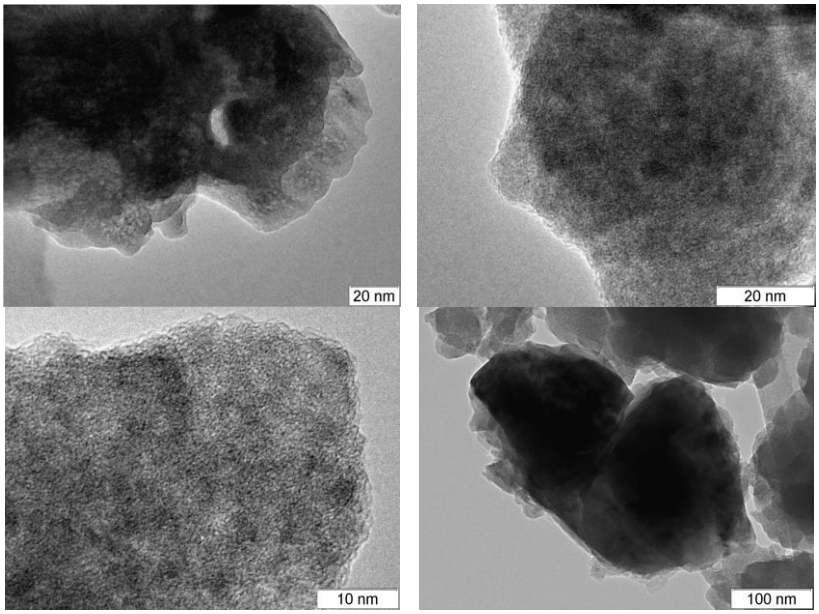


Fig. 2. TEM micrograph of the $LaCoO_3$-F sample

Table 2

Results of catalytic testing

Catalyst	C_2^+	CH_4	CO_2	R-OH	m_{cat}	X_{CO}	R-OH yield
$LaCoO_3$-Glu	9%	7%	1%	1%	2.0886	18.6%	14.8
$LaCoO_3$-Gal	10%	5%	6%	5%	2.0692	26.1%	58.1
$LaCoO_3$-F	6%	3%	4%	5%	2.0481	17.9%	51.7

The catalytic properties of all synthesized samples are similar. The highest CO conversion (26%) was observed on the $LaCoO_3$-Gal catalyst, while in the other two samples CO conversion was below 20%. Hydrocarbons and methane predominated in the gaseous products, whereas the amount of CO_2 was low and did not exceed 7% in all cases. The condensate consisted exclusively of alcohols. The use of soft organic templates allowed an increase in alcohol yield and a decrease in methane and hydrocarbon formation from 9–12% to 3–6%, respectively, as well as the elimination of CO_2 from the product composition. The application of soft templates slightly reduced methane and hydrocarbon yields; however, in the case of the $LaCoO_3$-Glu sample, the alcohol yield was noticeably lower. In the other two samples, the alcohol yield approached 60 mg/g.cat h^{-1}. Alcohols are the main liquid

products of Fischer–Tropsch synthesis over reduced $LaCoO_3$ samples. The most active catalysts for alcohol synthesis are $LaCoO_3$-Gal, $LaCoO_3$-F, and bulk $LaCoO_3$, with alcohol productivities of at least 50 mg/g.cat · h^{-1}. During the reaction, all samples underwent irreversible structural degradation according to XRD data, resulting in the formation of complex phase mixtures. To determine the reasons for differences in product distributions, additional XRD analyses of the spent catalysts were carried out. Figure 3 shows the XRD patterns of samples based on soft templates after catalytic testing. In all samples, the presence of Co_3O_4 (formed due to oxidation of Co nanoparticles upon contact with air), La_2O_3, and $La(OH)_3$ phases was detected.

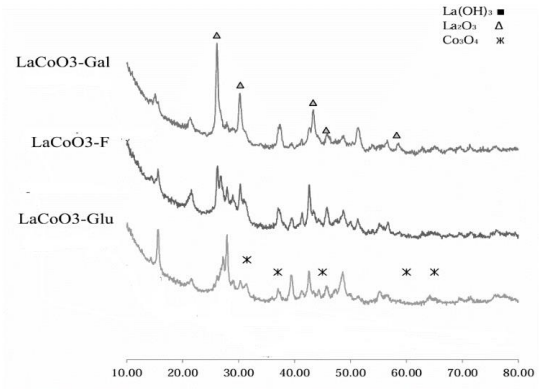


Fig. 3. XRD patterns of samples prepared using soft templates after reaction

Conclusion. It was established that the use of soft organic templates (D-glucose, D-fructose, and D-galactose) in the synthesis of $LaCoO_3$ catalysts by the co-precipitation method has a noticeable effect on their structural and textural characteristics. The application of organic templates contributes to an increase in alcohol yield and a reduction in methane and hydrocarbon formation. The highest catalytic efficiency in alcohol synthesis was demonstrated by the $LaCoO_3$-Gal and $LaCoO_3$-F samples.

References

1. Khodakov A.Y., Chu W., Fongarland P. Advances in the development of novel cobalt Fischer–Tropsch catalysts for synthesis of long-chain hydrocarbons and clean fuels // Chemical Reviews. – 2007. – Vol. 107, No. 5. – P. 1692–1744.
2. Henrici-Olivé G., Olivé S. The Fischer–Tropsch synthesis: molecular weight distribution of primary products and reaction mechanism // Angewandte Chemie International Edition. – 1976. – Vol. 15, No. 3. – P. 136–141.
3. Álvarez-Galván M.C., de la Peña O'Shea V. A., Fierro J. L. G., Arias P. L. Perovskite-type oxides as catalysts for the Fischer–Tropsch synthesis // Catalysis Today. – 2018. – Vol. 299. – P. 56–65.
4. Ruckenstein E., Wang H.Y. Effect of supports and promoters on Fischer–Tropsch synthesis over cobalt catalysts // Journal of Catalysis. – 2002. – Vol. 205, No. 2. – P. 289–293.
5. Calderone V.R., Shiju N. R., Ferre D. C., Rothenberg G. Bimetallic catalysts for the Fischer–Tropsch reaction // Green Chemistry. – 2011. – Vol. 13. – P. 1950–1959.
6. Sun S., Tsubaki N., Fujimoto K. Fischer–Tropsch synthesis using cobalt-based catalysts: effect of preparation methods on structure and performance // Applied Catalysis A: General. – 2001. – Vol. 202, No. 1. – P. 121–131.
7. Zhang Q., Kang J., Wang Y.Development of novel catalysts for Fischer–Tropsch synthesis: tuning activity and selectivity // Chemical Society Reviews. – 2014. – Vol. 43. – P. 623–666.

8. Busca G. Structural, surface and catalytic properties of perovskite-type oxides // Catalysis Today. – 2005. – Vol. 100, No. 3–4. – P. 395–402.
9. Taguchi H., Shimada M. Formation and stability of $LaCoO_3$ perovskite-type oxides // Journal of Solid State Chemistry. – 1985. – Vol. 57, No. 2. – P. 190–196.

Received: 21 December 2025
Accepted: 29 December 2025

Helder T. Gomes

Браганса политехникалық институты, Браганса, Португалия

ОРГАНИКАЛЫҚ ТОТЫҚСЫЗДАНДЫРУШЫ АГЕНТТЕРДІҢ $LaCoO_3$ МАТЕРИАЛЫНЫҢ ТЕКСТУРАЛЫҚ ЖӘНЕ КАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Бұл жұмыста бірге тұндыру әдісімен синтезделген перовскит типті $LaCoO_3$ катализаторларының құрылымдық, текстуралық және каталитикалық қасиеттеріне жұмсақ органикалық шаблондардың әсері зерттелді. Органикалық тотықсыздандырушы агенттер ретінде D-глюкоза, D-фруктоза және D-галактоза қолданылды. Тұндыру процесі натрий гидроксидін пайдалану арқылы жүргізіліп, алынған прекурсорлар кейін ауада 300 және 750 °C температураларда сатылы термиялық өңдеуден өткізілді. Күйдіруден кейін барлық үлгілерде негізінен $LaCoO_3$ перовскиттік фазасы түзілетіні және Co_3O_4 фазасының аз мөлшерде қоспа ретінде болатыны анықталды. Азот адсорбциясы мен электрондық микроскопия деректері бойынша үлгілер 13–24 нм аралығындағы кеуек диаметрімен сипатталатын мезокеуекті құрылымға ие. Фишер–Тропш синтезі реакциясындағы каталитикалық сынақтар жұмсақ органикалық шаблондарды қолдану спирттердің шығымын арттырып, метан мен көмірсутектердің түзілуін төмендететінін көрсетті. Спирттер синтезінде ең жоғары каталитикалық тиімділік $LaCoO_3$-Gal және $LaCoO_3$-F үлгілерінде байқалды.

Тірек сөздер: катализатор, перовскит, Фишер–Тропш синтезі.

Helder T. Gomes

Политехнический институт Брагансы, Браганса, Португалия

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА ТЕКСТУРНЫЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $LaCoO_3$

Аннотация. В данной работе исследовано влияние мягких органических шаблонов на структурные, текстурные и каталитические свойства перовскитных катализаторов $LaCoO_3$, синтезированных методом соосаждения. В качестве органических восстанавливающих агентов использованы D-глюкоза, D-фруктоза и D-галактоза. Осаждение проводили с использованием гидроксида натрия, после чего полученные прекурсоры подвергали последовательной термической обработке на воздухе при температурах 300 и 750 °C. Установлено, что после прокаливания во всех образцах преимущественно формируется перовскитная фаза $LaCoO_3$ с незначительной примесью Co_3O_4. Согласно данным адсорбции азота и электронной микроскопии, образцы характеризуются мезопористой структурой с диаметром пор в диапазоне 13–24 нм. Каталитические испытания в реакции синтеза Фишера–Тропша показали, что использование мягких органических шаблонов способствует увеличению выхода спиртов и снижению образования метана и углеводородов. Наивысшую каталитическую эффективность в синтезе спиртов продемонстрировали образцы $LaCoO_3$-Gal и $LaCoO_3$-F.

Ключевые слова: катализатор, перовскит, синтез Фишера–Тропша.

ҒТАМР 30.19.21

Ә.Т. Жақаш[1] – *негізгі автор*,
С.Д. Салыбаев[2], Э.Б. Саткожаева[3]

[1]*Техн. ғылым. канд., доцент,* [2]*Техн. ғылым. канд., доцент м.а.,* [3]*Оқытушы*

[1]*https://orcid.org/0000-0001-8685-9868* [2]*https://orcid.org/0009-0003-9750-9443*
[3]*https://orcid.org/0009-0009-0519-9323*

[1]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан*
[2]*Ш. Мұртаза атындағы Халықаралық Тараз университеті, Тараз, Қазақстан*
[3]*Н. Ақшабаев атындағы орта мектеп, Тараз, Қазақстан*

[1]*zhakash58@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/TNWM4047

ФИЗИКАЛЫҚ МАЯТНИКТЕРДІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ШЕШУДІҢ ЖОЛДАРЫ

Аңдатпа. Физикалық маятниктің қозғалыс моделі қазіргі кезде физика саласында ғана емес, қазіргі заманғы техника мен ғылымда да үлкен маңызға ие. Маятниктің қозғалыс моделін қолданудың негізгі бағыттары: уақытты дәл өлшеу жүйелерінде, яғни бұрын тек механикалық сағаттарда пайдаланылса, бүгінде маятник принципі резонаторлық жүйелердің, синхронды генераторлардың және датчиктердің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қолданылады. Инженерлік және құрылыс саласында ғимараттардың сейсмотұрақтылығын арттыру мақсатында, көпірлер мен мұнараларда тербелістерін есептеу кезінде, аспалы құрылғылар мен механизмдердегі динамикалық тепе-теңдікті бағалау үшін көп қолданысқа ие. Сонымен қатар, сейсмология және геофизикада жер сілкінісі кезінде маятниктің тербелісі арқылы жер қабатының қозғалысын тіркей алады, яғни, сейсмологиялық деректерді нақты талдауға және жер дүмпулерінің энергиясын есептеуге мүмкіндік береді. Осыған байланысты физикалық маятниктердің жұмысын талдау, оның қолданыс аясын аңықтау және қозғалыс түрлерін математикалық тұрғыдан зерттеу өзекті мәселе болып табылады.

Тірек сөздер: тербеліс, физикалық маятник, амплитуда, резонанс, период, жиілік, потенциалдық энергия.

Жақаш, Ә.Т. Физикалық маятниктердің қозғалысының математикалық моделі және оларды шешудің жолдары [Мәтін] / Ә.Т. Жақаш, С.Д. Салыбаев, Э.Б. Саткожаева //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.386-397. https://doi.org/10.55956/TNWM4047

Кіріспе. Физикалық маятниктің қозғалыс моделі қазіргі кезде физика саласында ғана емес, қазіргі заманғы техника мен ғылымда да үлкен маңызға ие. Маятниктің қозғалыс моделін қолданудың негізгі бағыттары: уақытты дәл өлшеу жүйелерінде, яғни бұрын тек механикалық сағаттарда пайдаланылса, бүгінде маятник принципі резонаторлық жүйелердің, синхронды генераторлардың және датчиктердің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін қолданылады [1]. Инженерлік және құрылыс саласында ғимараттардың сейсмотұрақтылығын арттыру мақсатында, көпірлер мен мұнаралардың

тербелістерін есептеу кезінде, аспалы құрылғылар мен механизмдердегі динамикалық тепе-теңдікті бағалау үшін көп қолданысқа ие.

Тыныштық күйден ауытқыған маятникке ауырлық күші G әсер етеді дейтін болсақ, топсадағы үйкеліс күшін ескермей отырып, G күшінің x осіне қарағандағы күш моментін келесі түрде өрнектейміз [2]:

$$M_x(G) = Gd\sin\varphi, \tag{1}$$

мұндағы: d – айналу осінен ауырлық ортасына дейінгі арақашықтық. Күш моментінің таңбасының теріс болуы *G*-күші денені сағат тілімен бағыттас болуына байланысты.

Мұнда, қандай да оське қарағанда айналмалы қозғалыс жасайтын дене қозғалысының дифференциалдық теңдеуін құру үшін келесі теңдеуді қолданамыз:

$$J_x\ddot{\varphi} = \sum Mix(F) \tag{2}$$

мұндағы: J_x – x осіне қарағандағы маятниктің инерциялық моменті, F – әсер ететін күш, бізде $F = G$. Онда (2) теңдеуге сәйкес физикалық маятниктің қозғалысының дифференциалдық теңдеуі келесі түрде болады:

$$J_x\ddot{\varphi} = -Gd\sin\varphi$$

Теңдеудің екі жағын да J_x – инерциялық моментке бөліп жіберсек,

$$\ddot{\varphi} + \frac{Gd}{J_x\sin\varphi} = 0 \tag{3}$$

(3) теңдеуін физикалық маятниктің дифференциалдық теңдеуі деп атайды.

(3) дифференциалдық теңдеуі – сызықсыз. Мұндай теңдеулерді шешу күрделі мәселе [2]. Сондықтан оны сызықтандыру негізінде $sin\varphi \approx \varphi$ деп алайық, яғни φ – бұрышы үлкен емес. Онда (3) теңдеуін келесі түрде жазамыз [3]:

$$\ddot{\varphi} + \frac{Gd}{J_x\varphi} = 0 \tag{4}$$

Жаңа белгілеу енгізсек, $G\,d/\,J_x = K^2$ немесе $K = \sqrt{Gd/}$Jx , мұндағы *K*-ны тербелістің жиілігі деп атайды. Онда (4) теңдеуі келесі түрде болады:

$$\ddot{\varphi} + K^2\varphi = 0 \tag{5}$$

(5) дифференциалдық теңдеуін маятниктің аз ауытқудағы теңдеуі деп атайды. Оның шешімін келесі түрде іздейді:

$$\varphi = C_1\cos kt + C_2\sin kt \tag{6}$$

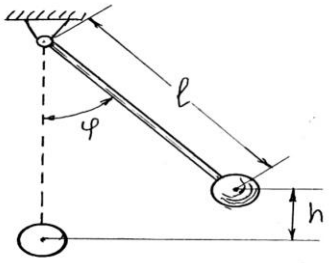
немесе

$$\varphi = A\sin(kt + \beta) \tag{7}$$

мұндағы: A – маятник тербелісінің амплитудасы, β – тербелістің бастапқы фазасы деп атайды. Ал, тербелістің периодын келесі формуламен анықтайды:

$$T = \frac{2\pi}{k} \tag{8}$$

Ақырлы амплитуда жұмыс істейтін физикалық маятниктің тербелісін қарастырайық. Маятниктің ұзындығын L деп, вертикальдан ауытқуын Y деп белгілейік. (1-сурет) қозғалыс мөлшерінің моментінің өзгеруі туралы теореманың негізінде физикалық маятниктің қозғалыс заңдылығының математикалық моделін құрамыз.



Сурет 1. Физикалық маятник

Механикадан белгілі жоғарыдағы теореманы келесі түрде өрнектейміз [4]:

$$\frac{dL_0}{dt} = \sum M_0(F_i),$$

мұндағы L_0 – О нүктесуне қарағандағы қозғалыс мөлшерінің моменті, $M_0(F_i)$ – А нүктесіне әсер етіп тұрған күштердің О нүктесіне қарағандағы моменті $L_0 = m\vartheta l = m\varphi l * l = ml^2\varphi, M_0(F_i) = -mgl\sin\varphi$

$$\frac{d}{dt}(ml^2\dot{\varphi}) = -mgl\sin\varphi\,, ml^2\varphi = -\ddot{mgl}\,\text{sın}\,\varphi$$

$$\ddot{\varphi} = \frac{-g}{l}\sin\varphi \quad \text{немесе} \quad \ddot{\varphi} + \frac{g}{l}\sin\varphi = 0$$

Соңғы теңдеуден физикалық маятниктің қозғалысының дифференциалдық теңдеуін аламыз.Онда нүктенің қозғалысын өрнектейтін теңдеудің O_{xy} фазалық жазықтықта өрнектейтін теңдеулерін төмендегідей жазсақ,

$$\frac{dx}{dt} = y,$$

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{g}{l}\sin x,$$

мұндағы: $x = \varphi, y = \varphi$.

Онда бұл теңдеулер келесі түрде өрнектеледі:

$$\frac{y^2}{2} = -\frac{g}{l}\cos x = h$$

немесе

$$\frac{y^2}{2} = \frac{g}{l}(\cos x - \cos x_0), \quad (9)$$

мұндағы x_0 – маятниктің вертикальдан бастапқы ауытқуы. *E(x)* функциясы мен *h* тұрақтылары сәйкесінше келесі шамалармен өрнектеледі [5].

$$E(x) = -\frac{g}{l}\cos x; h = -\frac{g}{l}\cos x$$

(9) теңдеулерімен берілген фазалық траекториялар теңдеуін келесі түрде түрлендіріп жазуға болады, яғни:

$$\frac{y^2}{2} = \frac{g}{l}[1 - 2sin^2\frac{x}{2} - \left(1 - 2sin^2\frac{x_0}{2}\right)]$$

$$\frac{y^2}{2} = \frac{g}{l}\left(2sin^2\frac{x_0}{2} - 2sin^2\frac{x}{2}\right) = \frac{2g}{l}(sin^2\frac{x_0}{2} - sin^2\frac{x}{2})$$

Маятниктің толық тербелісінің периодын (9) формуладан ала аламыз, егер мұндағы:

$$h = -\frac{g}{l}\cos x_0,\ E(x) = -\frac{g}{l}\cos x,\ \alpha = -x_0,\ \beta = x_0$$

$$T = 2\int_0^{x_0} \frac{dx}{\sqrt{\frac{g}{l}\left(sin^2\frac{x_0}{2} - sin^2\frac{x}{2}\right)}} \quad (10)$$

(10) интегралы эллипстік интегралға жататындықтан келесі белгілеулер кіргізейік:

$$\sin\frac{x}{2} = u, \sin\frac{x_0}{2} = ku.$$

Онда стандарттық формаға келтірейік (10) теңдеуі келесі түрге келеді [6].

$$T = 4\sqrt{\frac{l}{g}}\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{(1-u^2)(1-k^2u^2)}}$$

Маятник тербелісінің сызықтық теориясында, яғни тригонометриялық $\sin\frac{x}{2} \approx \frac{x}{2}, \sin\frac{x_0}{2} \approx \frac{x_0}{2}$ деп сызықтандырсақ, онда (10) формуласынан бастапқы периодты аламыз.

$$T = 2\int_0^{x_0} \frac{dx}{\frac{\sqrt{l}}{\sqrt{g}}*\sqrt{\frac{x_0^2}{4} - \frac{x^2}{4}}} = 2\int_0^{x_0} \frac{2\sqrt{l}dx}{\sqrt{g}\sqrt{x_0^2 - x^2}} = 4\frac{\sqrt{l}}{\sqrt{g}}\int_0^{x_0} \frac{dx}{\sqrt{x_0^2 - x^2}} =$$

$$\frac{4\sqrt{l}}{\sqrt{g}} arcsin\frac{x}{x_0}\Big|\frac{x_0}{x} = 4\frac{\sqrt{l}}{\sqrt{g}}(arcsin1 - arcsin0) = \frac{4\sqrt{l}}{\sqrt{g}} * \frac{\pi}{2} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Зерттеу шарттары мен әдістері. Сызықты тербелістің периоды x_0 бастапқы шартына тәуелді емес, яғни тербеліс амплитудасынан тәуелді емес

деген сөз. Ал, сызықсыз тербелістер теориясында тербеліс периоды амплитудан көп тәуелді болып келеді. Бұл тәуелділікті (10) өрнегіндегі эллипстік интегралды k дәрежесі бойынша жіктеу арқылы көрсетуге болады [7].

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}\left[1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 k^2 + \left(\frac{3}{8}\right)^2 k^4 + \cdots\right]}$$

немесе

$$\tau = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left[1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 sin^2\frac{x_0}{2} + \left(\frac{3}{8}\right)^2 sin^4\frac{x_0}{2} + \cdots\right] \quad (11)$$

Бұл жіктеуден бастапқы екі мүшесінен шектеліп,

$$sin^2\frac{x_0}{2} \approx \frac{x_0^2}{4}$$

деп алсақ, период үшін түзетілген жуықтау формуланы аламыз

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left(1 + \frac{x_0^2}{16}\right)$$

Мысалы бастапқы ауытқу $x_0 = 30^0$ деп алып көрейік, онда соңғы формула бойынша

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}(1 + 0{,}014) = T_0(1 + 0{,}014) = 1{,}014T_0$$

Көріп тұрғанымыздай, жоғарыдағы түзетудің тербеліс периодына онша әсерін тигізбейтінін көріп тұрмыз.

Жүйе қозғалысының фазалық суретін алу үшін, жалпы теория бойынша (z,x) жазықтығында энергетикалық баланс қисықтарын тұрғызамыз (2-сурет)

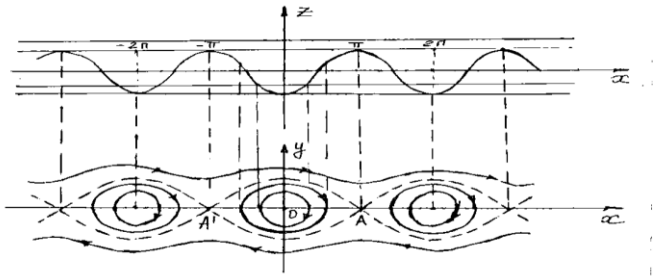
$$z = -\frac{g}{l}\cos x$$

Суреттен көрініп тұрғандай $x = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi$ ... нүктелерде оқшаланған минимумы болатын косинусоида. Ал $x = \pm\pi, \pm 3\pi, \ldots$ нүктелерінде максимумы болады [8].

Жүйенің бастапқы толық энергия қоры бастапқы ауытқулармен анықталады және ол келесі шамаға тең

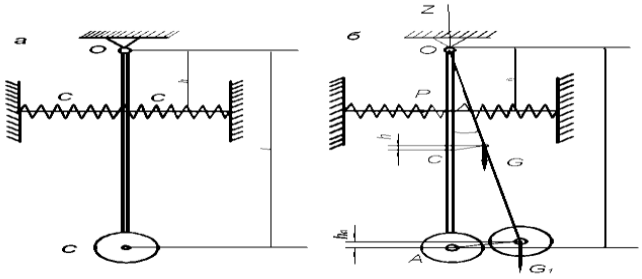
$$h_0 = -\frac{g}{l}\cos x_0$$

фазалық суретке қарап, келесі тұжырымдар жасайық.



Сурет 2. Маятник тербелісінің фазалық суреті

Маятниктің ұзындығы *l*, массасы *m*-ге тең біртекті жұқа стерженнен және массасы m_1 тең болатын *A* жүгінен тұрады (3-сурет).



Сурет 3. Физикалық маятниктің схемасы

Стерженге оның жоғарғы шегінен *h* аралықта *c* қатаңдық коэффициенттерімен бекітілген қарама-қарсы екі пружина орналасқан. Мақсат маятниктің еркін тербелісінің кіші периоды мен циклдік жиілігін табу керек.

Қарастырылып отырған механикалық жүйенің еркіндік дәрежесі бірге тең. Жалпыланған координаттық жүйе ретінде φ бұрышын алып, маятниктің вертикаль осьтерін белгілейміз. Жүйе ауырлық және серпімділік күштердің ықпалында болады [9].

Тербеліс маятнигінің математикалық моделін өрнектейтін дифференциалдық теңдеуін алу үшін, консервативтік жүйе формасындағы екінші ретті Лагранж формуласын қолданамыз [1]:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \varphi}\right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}$$

Жүйенің кинетикалық энергиясын O_x осінің бойымен айналатын және *T* кинетикалық энергиясымен *A* жүгінің T_1 стерженнің кинетикалық энергиясының қосындысы ретінде анықтаймыз [10].

Формула бойынша

$$T_1 = \frac{1}{2} J_x \bar{\omega}^2$$

Стерженнің момент инерциясының мәнін қойып, мынаны аламыз:

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} m l^2 \bar{\omega}^2 = \frac{1}{6} m l^2 \varphi^2$$

A жүгінің кинетикалық энергиясы

$$T_{11} = \frac{m_1 v_A^2}{2} = \frac{1}{2} m_1 l^2 \bar{\omega}^2 = \frac{1}{2} m l^2 \varphi^2$$

Жүйенің кинетикалық энергиясы

$$T_{11} = T_1 T_{11} = \frac{1}{6}(m + 3m_1) l^2 \varphi^2,$$

бұдан

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = \frac{1}{3}(m + 3m_1) l^2 \varphi \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \varphi}\right) = \frac{1}{3}(m + 3m_1) l^2 \varphi \qquad (12)$$

Потенциалдық энергияның қосындысы $П_E$ потенциалдық энергияның қосындысы бола алатын φ кіші бұрышының тік жағдайында ауытқитын, сәйкесінше, ауырлық және серпімділік күштерімен әсерлесетін маятниктің потенциалдық энергиясын анықтаймыз. Маятниктің потенциалдық энергиясы тік жағдайда нөлге тең [11].

Маятниктің φ бұрышына айналуы кезінде оның бөліктері ауырлық центрінен жоғарғы қозғалысы алынады:

$$h_c = \frac{l}{2} - \frac{l}{2}\cos\varphi = \frac{1}{2}(1 - \cos\varphi)$$

$$h_A = \frac{l}{2} - l\cos\varphi = l(1 - \cos\varphi)$$

$П_1$ потенциалдық энергиясы φ бұрышына айналуы келесі формуламен анықталады:

$$\Pi_1 = G h_{c+} G_1 h_A = mg\frac{1}{2}(1 - \cos\varphi) + m_1 g l(1 - \cos\varphi)$$

Маятниктің φ бұрышына айналуы кезінде бір пружинасы қысқарады, ал басқасы y мәнінде созылады және бірінші ретті кіші мәнге тең болады:

$$y = h\sin\varphi,\ \Pi_{11} = \frac{2cy^2}{2} = ch^2\sin^2\varphi$$

$$\Pi_1 = \left(\frac{mgl}{2} + m_1 g l\right)(1 - \cos\varphi); 1 - \cos\varphi = 2\sin^2\frac{\varphi}{2}$$

$$\Pi_1 = gl\left(\frac{m}{2} + m_1\right)(1 - \cos\varphi) + ch^2\sin^2\varphi$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = gl\left(\frac{m}{2} + m_1\right)\sin\varphi + ch^2 2\sin\varphi\cos\varphi = gl\left(\frac{m}{2} + m_1\right)\left(\varphi - \frac{\varphi^3}{6}\right) + ch^2 2\left(\varphi - \frac{\varphi^3}{6}\right)\left(1 - \frac{\varphi^2}{2}\right) = gl\left(\frac{m}{2} + m_1\right) = a;$$

$$2ch^2 = b$$

$$\sin\varphi = \left(\varphi - \frac{\varphi^3}{6}\right); \cos\varphi = \left(1 - \frac{\varphi^2}{2}\right)$$

$$a\left(\varphi - \frac{\varphi^3}{6}\right) + b\left(\varphi - \frac{\varphi^3}{6} - \frac{\varphi^3}{2} + \frac{\varphi^5}{12}\right) = a\left(\varphi - \frac{\varphi^3}{6}\right) + b\left(\varphi - \frac{4\varphi^3}{6} + \frac{\varphi^5}{12}\right) = (a+b)\varphi - (a+b)\frac{5\varphi^3}{6} + \frac{b}{12}\varphi^5$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \varphi}\right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = -\frac{\partial П}{\partial \varphi}$$

$$\frac{1}{3}(m + 3m_1)l^2\varphi - \left[(a+b)\varphi - \left(\frac{a+b}{b}\right)\varphi^3 + \frac{b}{12}\varphi^5\right] = 0$$

$$y = h\varphi.$$

$П_{11}$ потенциалдық энергиясы P пружина реакциясының жалпы жұмысы маятниктің тіке қозғалатындығын (нөлдік) анықтайды [12].

Формула бойынша

$$П_{11} = 2\frac{cy^2}{2} = ch^2\varphi^2,$$

Жүйенің барлық потенциалдық энергиясы

$$П_1 = П_1 + П_{11} = gl\left(\frac{m}{2} + m_1\right)(1 - \cos\varphi) + ch^2\varphi^2$$

Жүйенің екінші ретті кіші мәнімен шектеліп, мынаны аламыз:

$$1 - \cos\varphi = 2\sin^2\frac{\varphi}{2} \approx 2\left(\frac{\varphi^2}{2}\right) = \frac{\varphi^2}{2}$$

одан

$$П = \frac{gl}{2}\left(\frac{m}{2} + m_1\right) + \varphi^2 + ch^2\varphi^2 = \left[\frac{gl}{2}\left(\frac{m}{2} + m_1\right) + ch^2\right]\varphi^2.$$

φ координатасын жалпылай отырып, $П$ туындысын табамыз:

$$\frac{\partial П}{\partial \varphi} = \left[gl\left(\frac{m}{2} + m_1\right) + 2ch^2\right]\varphi$$

Табылған өрнектерді Лагранждың екінші ретті теңдеуінің орнына қойып, келесі өрнекті аламыз:

$$\frac{1}{3}(m + 3m_1)l^2\varphi = -\left[gl\left(\frac{m}{2} + m_1\right) + 2ch^2\right]\varphi$$

немесе

$$\ddot{\varphi} + \frac{3\left[gl\left(\frac{m}{2}+m_1\right)+2ch^2\right]}{(m+3m_1)l^2}\varphi = 0$$

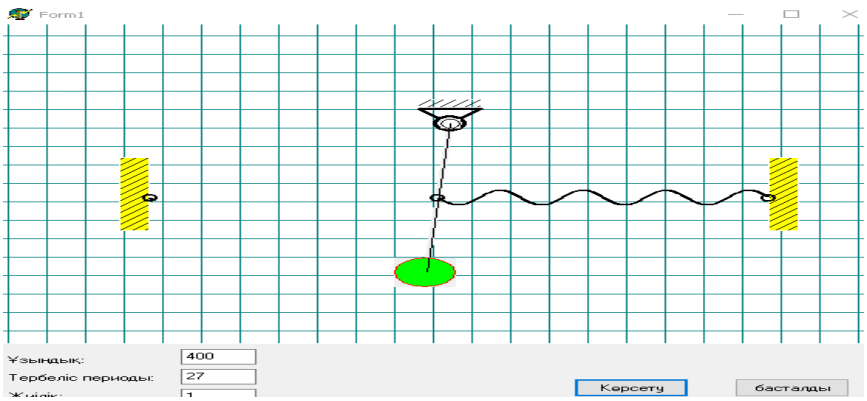
$\ddot{\varphi} + k^2\varphi = 0$ түрінде алынған теңдеу жүйенің кіші еркіндік тербелісінің дифференциалдық теңдеуі болып табылады. Сол себепті қарастырылған жүйедегі еркіндік тербелісінің циклдік жиілігі мынадай:

$$k = \frac{1}{l}\sqrt{\frac{3\left[gl\left(\frac{m}{2}+m_1\right)+2ch^2\right]}{(m+3m_1)}}$$

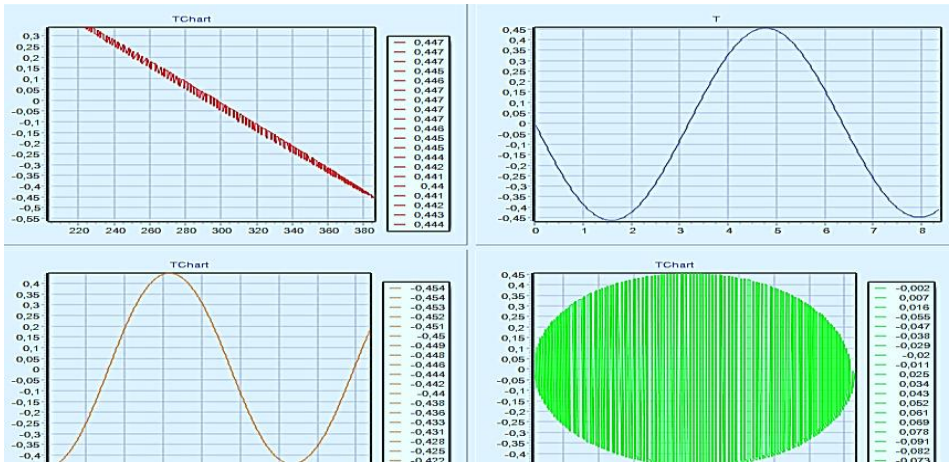
Бұл жүйенің еркіндік тербелісінің периоды

$$T = \frac{2\pi}{k} = 2\pi l\sqrt{\frac{(m+3m_1)}{3\left[gl\left(\frac{m}{2}+m_1\right)+2ch^2\right]}}$$

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жүйенің жұмыс істеу процессін бақылау және қажетті параметрлерін анықтау үшін заманауи есептеу әдістері (Delphi 17) негізінде бағдарламалар құрылды. Есептеудің нәтижелерін төмендегі суреттерден көруге болады:



Сурет 4. Маятниктің жұмыс істеу процесінің компьютерлік моделі



Сурет 5. Маятниктің қозғалыс заңдылықтарын анықтайтын графиктер

Бұл бағдарламалар негізінде механикалық жүйенің параметрлерін әртүрлі вариацияда табуға болады.

Қорытынды. Жұмыста физикалық маятниктердің қарапайым түрлері және олардың математикалық моделі, ақырлы амплитудада жұмыс істейтін физикалық маятниктің тербелісі, серпімді тиектері бар механизмдер қозғалысына байланысты келесі нәтижелер алынды.

Жұмыста физикалық маятниктердің қарапайым түрлері және олардың математикалық моделі параллель және тізбектей жалғасқан тиектер мен серпімді элементтері қарастырылып, олардың келтірілген қатаңдық коэффициенттері потенциалдық энергиялардың теңдігінен анықталды. Кейбір жағдайлар үшін қатаңдық коэффициенттерінің орнына, оларға кері шама тарқату коэффициенттерін анықтау қарастырылды. Сызықты серпімді тиекті екі массалы динамикалық моделдің қозғалысының математикалық моделі құрылып, оның шешу әдістері келтірілді. Күрделі байланыстардағы физикалық маятниктер, кедергілі ортадағы сызықты серпімді тиектен тұратын механизмнің тербелісі қарастырылды. Бұл жағдайда ортаның кедергісін өрнектейтін n коэффициентінің әсерін байқаймыз. Динамикалық коэффициенттің ең үлкен мәні $p = k$ айналасында болатыны дәлелденді. n-нің әртүрлі мәндерінде сәйкес резонанстық қисықтың графигі алынды. Сонымен қатар серпімді тиектің сызықсыз болғандағы тербеліс қозғалыс заңдылықтары қарастырылды. Амплитудалық- жиіліктік сипаттамалар графиктері алынды.

Әдебиеттер тізімі

1. Бабаков, И.М. Теория колебаний [Текст] / И.М. Бабаков. – М.: Наука, 1968. – 58 с.
2. Малкин, И.Г. Некоторые задачи теории нелинейных колебаний [Текст] / И.Г. Малкин. – М.: Гостехиздат, 1956. – 172 с.
3. Левитская, О.Н. Курс теории механизмов и машин [Текст] / О.Н. Левитская, Н.И. Левитский. – М., 1978.
4. Пановко, Я.Г. Введение в теорию механических колебаний [Текст] / Я.Г. Пановко. – М.: Наука, 1971. – 240 с.
5. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин [Текст] / И.И. Артоболевский. – М., 1975.
6. Жолдасбеков, Ө.А. Машиналар механизмдерінің теориясы [Мәтін] / Ө.А. Жолдасбеков. – Алматы: Мектеп, 1979.
7. Зиновьев, В.А. Курс теории механизмов и машин [Текст] / В.А. Зиновьев. – М., 1972.
8. Винберг, Э.Б. Курс алгебры [Текст] / Э.Б. Винберг. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Факториал Пресс, 2001. – 544 с.
9. Юденич, В.В. Лабораторные работы по теории механизмов и машин [Текст] / В.В. Юденич. – М., 1962.
10. Кореняко, А.С. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин [Текст] / А.С. Кореняко. – М., 1970.
11. Попов, С.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин [Текст] / С.А. Попов, Г.А. Тимофеев. – М., 1998.
12. Фролов, К.В. Теория механизмов и машин [Текст] / К.В. Фролов. – М., 1987.

Материал редакцияға 29.11.25 түсті, 22.12.25 қабылданды.

Ә.Т. Жақаш[1], С.Д. Салыбаев[2], Э.Б. Саткожаева[3]

[1]Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан
[2]Международный Таразский университет им. Ш.Муртазы, Тараз, Казахстан
[3]Средняя школа им. Н. Акшабаева, Тараз, Казахстан

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МАЯТНИКОВ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Аннотация. Модель движения физического маятника в настоящее время имеет большое значение не только в области физики, но и в современной технике и науке. Основные области применения модели движения маятника: в системах точного измерения времени, то есть ранее использовавшихся только в механических часах, сегодня принцип маятника используется для обеспечения устойчивости резонаторных систем, синхронных генераторов и датчиков. В машиностроении и строительстве он широко применяется для повышения сейсмостойкости зданий, при расчёте колебаний мостов и башен, а также для оценки динамического равновесия подвесных устройств и механизмов. Кроме того, в сейсмологии и геофизике колебания маятника позволяют регистрировать движение земной коры во время землетрясения, то есть позволяют проводить точный анализ сейсмологических данных и вычислять энергию землетрясений. Поэтому анализ работы физических маятников, определение области их применения и математическое исследование типов движения являются актуальными задачами.

Ключевые слова: колебания, физический маятник, амплитуда, резонанс, период, частота, потенциальная энергия.

A.T. Zhakash[1], S.D. Salybaev[2], E.B. Satkozhaeva[3]

[1]M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan
[2]International Taraz University named after Sh. Murtaza, Taraz, Kazakhstan
[3]Secondary school named after N. Akshabayev, Taraz, Kazakhstan

MATHEMATICAL MODEL OF MOTION OF PHYSICAL PENDULUMS AND SOLUTION METHODS

Abstract. The model of physical pendulum motion is currently of great importance not only in physics but also in modern engineering and science. The main areas of application of the pendulum model are: in precision timekeeping systems, previously used only in mechanical clocks, the pendulum principle is now used to ensure the stability of resonator systems, synchronous generators, and sensors. In mechanical engineering and construction, it is widely used to improve the seismic resistance of buildings, to calculate the vibrations of bridges and towers, and to assess the dynamic equilibrium of suspension devices and mechanisms. Furthermore, in seismology and geophysics, pendulum oscillations allow for the recording of crustal movement during an earthquake, thereby enabling the precise analysis of seismological data and the calculation of earthquake energy. Therefore, the analysis of physical pendulums, the determination of their application areas, and the mathematical study of their types of motion are pressing problems.

Keywords: oscillations, physical pendulum, amplitude, resonance, period, frequency, potential energy.

References

1. Babakov, I.M. Teoriya kolebaniy [T Theory of Oscillations ext]. Moscow: Nauka, 1968, 58 p. [in Russian].
2. Malkin, I.G. Nekotorye zadachi teorii nelineynykh kolebaniy [Some Problems of the Theory of Nonlinear Oscillations]. Moscow: Gostekhizdat, 1956, 172 p. [in Russian].
3. Levitskaya, O.N., Levitskiy, N.I. Kurs teorii mekhanizmov i mashin [Course of the Theory of Mechanisms and Machines]. Moscow, 1978. [in Russian].
4. Panovko, Ya.G. Vvedenie v teoriyu mekhanicheskikh kolebaniy [Introduction to the Theory of Mechanical Oscillations]. Moscow: Nauka, 1971, 240 p. [in Russian].
5. Artobolevskiy, I.I. Teoriya mekhanizmov i mashin [Theory of Mechanisms and Machines]. Moscow, 1975. [in Russian].
6. Zholdasbekov, O.A. Mashinalar mekhanizmderinin teoriyasy [Theory of Machine Mechanisms]. Almaty: Mektep, 1979. [in Kazakh].
7. Zinovyev, V.A. Kurs teorii mekhanizmov i mashin [Course of the Theory of Mechanisms and Machines]. Moscow, 1972. [in Russian].
8. Vinberg, E.B. Kurs algebry [Course of Algebra]. 2nd ed., revised and expanded. Moscow: Faktorial Press, 2001, 544 p. [in Russian].
9. Yudenich, V.V. Laboratornye raboty po teorii mekhanizmov i mashin [Laboratory Works on the Theory of Mechanisms and Machines]. Moscow, 1962. [in Russian].
10. Korenyako, A.S. Kursovoe proektirovanie po teorii mekhanizmov i mashin [Course Design in the Theory of Mechanisms and Machines]. Moscow, 1970. [in Russian].
11. Popov, S.A., Timofeev, G.A. Kursovoe proektirovanie po teorii mekhanizmov i mekhanike mashin [Course Design in the Theory of Mechanisms and Machine Mechanics]. Moscow, 1998. [in Russian].
12. Frolov, K.V. Teoriya mekhanizmov i mashin [Theory of Mechanisms and Machines]. Moscow, 1987. [in Russian].

ҒТАМР 30.19.33 : 27.35.33

Б.Ж. Сағындықов[1] – *негізгі автор*, **Қ.С. Таттибеков[2], Ж. Бимұрат[3]** ©

[1,2]*Физ.-мат. ғылым. канд., қауымдас. профессор,* [3]*PhD, ассистент профессор*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0002-5349-1961* [2]*https://orcid.org/0009-0009-5584-9582* [3]*https://orcid.org/0000-0001-8283-898X*

[1]*Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан*
[2]*Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан*
[3]*Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан*

@ [3]*zh.bimurat@iitu.edu.kz*

https://doi.org/10.55956/MODF7974

АНИЗОТРОПТЫ ЖӘНЕ БІРТЕКТІ ЕМЕС СЫРЫҚТАРДЫҢ БҰРАЛУЫ

Аңдатпа. Анизотропты және біртекті емес сырықтардың бұралуы – материалдың механикалық қасиеттері кеңістіктегі бағытқа тәуелді болатын жағдайдағы күрделі серпімділік есебі. Бұл құбылыс сырыққа әсер ететін бұраушы моменттің әсерінен оның көлденең қималарының өз өсі бойымен бұралуымен сипатталады. Қазіргі заманғы құрылыс, авиация, машина жасау салаларында анизотропты және композиттік материалдар кеңінен қолданылады. Олардың беріктігін, сенімділігін және ұзақ жұмыс істеу қабілетін болжау үшін бұралу кезіндегі әрекет ету сипатын білу қажет. Сондықтан дәстүрлі изотропты материалдар үшін алынған классикалық формулаларды жалпылау қажеттілігі туындайды. Осыған байланысты анизотропты біртекті емес сырықтардың бұралуын зерттеу заманауи механика мен композиттік материалдар теориясында өзекті бағытқа айналды. Аналитикалық тұрғыдан анизотропты бұралу есебі өте күрделі. Сондықтан бұл тақырып жаңа аналитикалық теория мен сандық әдістердің дамуына серпін береді. Мақалада серпімді сырықтың бұралуынан пайда болатын кернеулік функциясы Пуассон теңдеуі арқылы өрнектелетіні көрсетілді. Жұмыста құрамында екінші ретті аралас дербес туындысы бар Пуассон теңдеуінің жалпы шешімін табу үшін жаңа жалпыланған комплекс сандар теориясы қолданылды.

Тірек сөздер: анизотропты материалдар, бұралу, бұралу бұрышы, Сен-Венан теориясы, кернеулік функциясы, Пуассон теңдеуі.

Сағындықов, Б.Ж. Анизотропты және біртекті емес сырықтардың бұралуы [Мәтін] / Б.Ж. Сағындықов, Қ.С. Таттибеков, Ж. Бимұрат //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.398-406. https://doi.org/10.55956/MODF7974

Кіріспе. Қазіргі заманғы инженерлік есептер мен құрылымдық механика саласында материалдардың анизотроптық қасиеттері мен біртекті еместігіне байланысты туындайтын күрделі деформациялық құбылыстарды зерттеу ерекше өзектіліке ие. Анизотропты және біртекті емес сырықтардың бұралуы – серпімділік теориясының күрделі салаларының бірі, себебі бұл жағдайда серпімді модульдер мен серпімділік қасиеттері кеңістікте координаттарға

тәуелді болады. Мұндай денелердің механикалық әрекет ету сипаты классикалық теорияларға (мысалы, Сен-Венан немесе Прандтль теориялары) толық сәйкес келе бермейді. Сондықтан жұмыста деформация мен кернеулердің таралуын анықтау үшін жаңа жалпыланған комплекс сандар теориясы қарастырылады.

Сырықтардың бұралу теориясының даму тарихы XIX ғасырдың ортасынан басталды. Бұл бағыттың негізін қалаған француз ғалымы А.Ж.-К. Сен-Венан болды.Нақты материалдар изотропты және біртекті бола бермейді. Осы мәселені шешу бағытында кеңестік ғалым С.Г. Лехницкий айрықша үлес қосты [1]. Оның монографиясы осы саладағы негізгі теориялық еңбектердің бірі болып табылады. Лехницкий бұралу кезінде серпімділік сипаттары координаттарға тәуелді болатын жағдайларды қарастырды. Сондай-ақ біртекті емес және анизотропты орта үшін жалпыланған теңдеулерді қорытып шығарды. Қазіргі таңда бұл бағыт жаңа сандық әдістердің дамуы мен композиттік материалдардың кеңінен қолданылуына байланысты қайта өзектілікке ие болды [2-4].

Зерттеу шарттары мен әдістері. Мақалада серпімді сырықтың бұралуынан пайда болатын кернеулік функциясы Пуассон теңдеуі арқылы өрнектелетіні көрсетіледі. Жұмыста құрамында екінші ретті аралас дербес туындысы бар Пуассон теңдеуінің жалпы шешімін табу үшін жаңа жалпыланған комплекс сандар теориясы қолданылады [5,6]. Анизотропты және біртекті емес материалдардың бұралу есебі классикалық механикада шешімі ең қиын есептердің бірі. Сондықтан тақырыптың өзектілігі жоғары.

I Есептің қойылымы

Көлденең қимасының пішіні эллипс (немесе әртүрлі тұйық контур) болатын серпімді ортотропты сырықты қарастырайық. Сырықтың бір қапталы бекітілсін, ал бос қапталында бұралу моментін туғызатын қос күштер әсер етсін. Сырықтың бүйір беті кернеулерден бос және қапталдың қалай бекітілгендігі қарастырылмайды. Сырықтың бос қапталындағы жазықтықты *xOy* жазықтығы деп, ал оның жасаушысы қиманың ауырлық центрінен өтетін *z* өсіне параллель деп ұйғарайық.

Енді анизотропты біртекті емес сырықтың Сен-Венанның жартылай кері әдісіне негізделген таза бұралуының теңдеуін жазайық [1]:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(a_{44}\frac{\partial \psi}{\partial x} - a_{45}\frac{\partial \psi}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(-a_{45}\frac{\partial \psi}{\partial x} + a_{55}\frac{\partial \psi}{\partial y}\right) = -2. \qquad (1.1)$$

мұндағы: $\psi(x,y)$ – бұралудың кернеулік функциясы. Сонда көлденең қимада пайда болатын жанама кернеуліктер кернеулік функциясымен

$$\tau_{xz} = \vartheta\frac{\partial \psi}{\partial y},\ \ \tau_{yz} = -\vartheta\frac{\partial \psi}{\partial x} \qquad (1.2)$$

арақатынастары арқылы байланысты. Мұндағы ϑ тұрақтысы – сырықтың әрбір ұзындық бірлігіне қатысты қиманың бұралу бұрышы немесе

$$\vartheta = \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right) \qquad (1.3)$$

теңдігі арқылы анықталатын салыстырмалы бұралу бұрышы деп аталады.

Есептің мұндай қойылымында сырық ішіндегі кернеулер мен орын ауыстыру координаттары үзіліссіз және бірмәнді функциялар болуы тиіс деп санаймыз. Келесі қадамда (1.1) теңдеудің шекаралық шарттарына тоқталайық. $\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \tau_{xy} = 0$ болғандықтан, сырықтың бүйір бетінде

$$\tau_{xz}\cos(n,x) + \tau_{yz}\cos(n,y) = 0 \tag{1.4}$$

шарты орындалады. Ал сырықтың бос қапталындағы интегралдық шарттар

$$\iint_{\Omega} \tau_{xz}dxdy = 0,\ \iint_{\Omega} \tau_{yz}dxdy = 0,\ \iint_{\Omega} \left(\tau_{yz}x - \tau_{xz}y\right)dxdy = M \tag{1.5}$$

түрде жазылады, мұнда Ω – көлденең қима.

Ескерту. Жалпы жағдайда (1.1) теңдеу біртекті емес айнымалы коэффициентті екінші ретті дербес туындылы дифференциалдық теңдеу.

Мұндай теңдеулердің шекаралық шарттарын қанағаттандыратын аналитикалық дербес шешімін табу мүмкін емес деп айтуға болады. Сондықтан алда деформация коэффициенттері a_{ij} тұрақты шамалар болып келетін дербес жағдайларды қарастырамыз.

1. Егер сырық біртекті түзу сызықты анизотропты болса, онда (1.1) теңдеу біртекті емес тұрақты коэффициентті екінші ретті дербес туындылы сызықтық дифференциалдық теңдеу болады және ол

$$a_{44}\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} - 2a_{45}\frac{\partial^2\psi}{\partial x\partial y} + a_{55}\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} = -2 \tag{1.6}$$

түрде жазылады. Мұндағы a_{44}, a_{45} және a_{55} – материалдың серпімділік тензорының жазық күйдегі редукцияланған компоненттері.

2. Ортотропты сырық үшін (1.6) теңдеу бұдан да ықшам

$$a_{44}\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + a_{55}\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} = -2 \tag{1.7}$$

түрде жазылады, өйткені $a_{45} = 0$.

3. Изотропты біртекті сырық үшін (1.6) теңдеуден

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} = -2G \tag{1.8}$$

түрінде жазылатын Пуассон теңдеуін аламыз, өйткені $a_{44} = a_{55}$ және $G = \dfrac{1}{a_{44}}$.

Әрі қарай (1.6) теңдеудің характеристикалық теңдеуін құрайық:

$$a_{44}(dy)^2 + 2a_{45}dxdy + a_{55}(dx)^2 = 0.$$

Сырықтың таза бұралу теориясының физикалық мағынасына байланысты $D = a_{45}^2 - a_{44}a_{55} < 0.$ Демек (1.6) теңдеу эллиптикалық типке жатады.

II Жалпыланған комплекс сандар және олардың функциялары

Аффиндік координаттар жүйесіне қатысты $M(x, y)$ нүктесінің орны

$$z = x + py \tag{2.1}$$

жалпыланған комплекс саны арқылы бірмәнді түрде бейнеленеді [6], мұнда $p^2 = -\theta_0 + p\theta_1,\ \ \theta_0, \theta_1 \in \square$. Осыған байланысты жалпыланған комплекс сандар жиыны

$$x^2 + \theta_1 xy + \theta_0 y^2 - |z|^2 = 0 \tag{2.2}$$

түріндегі квадраттық форманың дискриминантына қатысты эллиптикалық $(D < 0)$, гиперболалық $(D > 0)$ және параболалық $(D = 0)$ сандар жиынына бөлінеді, мұнда $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0.$

Енді (1.6) теңдеудің сызықтық емес жалпы түрін қарастырайық:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \theta_1 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} + \theta_0 \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = f(\psi), \tag{2.3}$$

мұнда $\theta_1 = -2\frac{a_{45}}{a_{44}},\ \ \theta_0 = \frac{a_{55}}{a_{44}},\ \ D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0 = \frac{a_{45}^2 - a_{44}a_{55}}{a_{44}} < 0$. Сырықтың көлденең қимасы $\Omega = f\left\{x, y \middle| x^2 + \theta_1 xy + \theta_0 y^2 < 1\right\}$ түрде берілсін дейік, мұндағы $f(\psi)$ – сыртқы күш. Сонда көлденең қиманың контуры $\gamma : x^2 + \theta_1 xy + \theta_0 y^2 = 1$ түріндегі әртүрлі пішіндегі эллипс болады, өйткені $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0 < 0$. Демек (2.3) теңдеудің шекаралық шарты

$$\psi(x, y)\Big|_{\sqrt{x^2 + \theta_1 xy + \theta_0 y^2} = 1} = \psi_0 \tag{2.4}$$

түрде анықталады. Одан әрі (2.3) теңдеуді параметрлік әдіспен шешу үшін

$$s = \frac{\partial \psi}{\partial x},\ \ q = \frac{\partial \psi}{\partial y},\ \ s = s(\psi),\ \ q = q(\psi) \tag{2.5}$$

белгілеулерін енгізейік. Бұдан

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{ds}{d\psi}\frac{\partial \psi}{\partial x} = s\frac{ds}{d\psi},\ \ \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = \frac{dq}{d\psi}\frac{\partial \psi}{\partial y} = q\frac{dq}{d\psi},$$

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x\partial y}=q\frac{ds}{d\psi},\ \frac{\partial^2\psi}{\partial y\partial x}=p\frac{dq}{d\psi}\ \Rightarrow\ q\frac{ds}{d\psi}=s\frac{dq}{d\psi}$$

түріндегі теңдіктер арқылы жоғарыдағы арақатынастар анықталады.

Дербес туындылардың бұл өрнектерін (2.3) теңдеуге қоямыз. Нәтижесінде

$$s\frac{ds}{d\psi}+\theta_1 q\frac{ds}{d\psi}+\theta_0 q\frac{dq}{ds}=f(\psi)$$

немесе

$$\frac{d}{d\psi}\left(s^2+\theta_1 sq+\theta_0 q^2\right)=2f(\psi) \tag{2.6}$$

түріндегі теңдеуге көшеміз.

(2.6) теңдеудің шешімін

$$s^2+\theta_1 sq+\theta_0 q^2=2\int_{\psi_0}^{\psi} f(\tau)d\tau=\Phi(\psi) \tag{2.7}$$

түрде табамыз. Жоғарыдағы (2.5) белгілеулерді ескере отырып, (2.7) теңдікті

$$\left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)^2+\theta_1\left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial\psi}{\partial y}\right)+\theta_0\left(\frac{\partial\psi}{\partial y}\right)^2=\Phi(\psi) \tag{2.8}$$

түрінде жазамыз. Одан әрі $U(\psi)=\int_{\psi_0}^{\psi}\Phi^{-\frac{1}{2}}(\tau)d\tau$ функциясын енгізсек, (2.8) теңдік

$$\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)^2+\theta_1\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)+\theta_0\left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)^2=1 \tag{2.9}$$

түрде жазылады. Бұл тепе-теңдікті қанағаттандыратын функцияларды жалпыланған Эйлер формуласынан аламыз [5,6]:

$$\begin{cases}\dfrac{\partial U}{\partial x}=T(\omega)=\cos\sqrt{-D}\omega-\dfrac{\theta_1}{2\sqrt{-D}}\sin\sqrt{-D}\omega,\\ \dfrac{\partial U}{\partial y}=S(\omega)=\dfrac{1}{\sqrt{-D}}\sin\sqrt{-D}\omega,\ D<0,\end{cases} \tag{2.10}$$

өйткені $T^2(\omega)+\theta_1 T(\omega)S(\omega)+\theta_0 S^2(\omega)=1.$

(2.10) жүйенің $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x}$ аралас дербес туындыларын теңестірсек, енгізілген ω бұралу потенциалының фазасына қатысты

$$\omega_x + \left(\sqrt{-D} \tan \sqrt{-D}\omega + \frac{\theta_1}{2} \right) \omega_y = 0 \qquad (2.11)$$

түріндегі теңдеу аламыз.

Дербес жағдайда $\theta_1 = 0, \quad \theta_0 = 1$ дейік. Сонда $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0 = -1,$ $\tan \omega = -\frac{\omega_x}{\omega_y}$ болады. Соңғы теңдіктен

$$\omega_x \cdot \cos \omega + \omega_y \cdot \sin \omega = \left(\operatorname{grad} \omega, \operatorname{grad} U \right) = 0 \qquad (2.12)$$

шартын аламыз. Бұл $U(x, y) = const$ және $\omega(x, y) = const$ қисықтары өзара ортогональ дегенді білдіреді. Бұл жерде $\frac{\partial U}{\partial x} = \cos \omega, \quad \frac{\partial U}{\partial y} = \sin \omega.$

(2.12) шарт орындалатындай $\omega(x, y)$ функциясын $\omega(x, y) = -2xy$ түрде алайық. Сонда $\frac{\partial U}{\partial x} = \cos 2xy, \quad \frac{\partial U}{\partial y} = -\sin 2xy$ және $\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = -2x \sin 2xy,$ $\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x} = -2y \cos 2xy.$ Бұдан $\tan \omega(x, y) = \frac{y}{x}$ болатыны шығады. Демек

$$\frac{\partial U}{\partial x} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad \frac{\partial U}{\partial y} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}.$$

Бұдан $U(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2} - 1.$ Сондықтан $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \theta_0 \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = f(\psi)$ теңдеуінің шешімі

$$\frac{1}{2} \int_{\psi_0}^{\psi} \int_{\psi_0}^{\tau} \left(f(\tau_1) d\tau_1 \right)^{-1/2} d\tau = \sqrt{x^2 + y^2} = -1$$

түрде анықталады.

Енді бастапқы (1.6) теңдеуге қайта ораламыз да, оны

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \theta_1 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} + \theta_0 \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\frac{2}{a_{44}}$$

түрде жазамыз. Сонда анықталмаған коэффициенттер арқылы анықталатын Пуассон теңдеуінің дербес шешімі

$$\psi_*(x,y)=\frac{\theta_0 x^2-\theta_1 xy+y^2}{2D}$$

түрінде табылады, мұнда $D=\frac{\theta_1^2}{4}-\theta_0<0$.

Пуассон теңдеуінің жалпы шешімі жалпыланған Лаплас теңдеуінің жалпы шешімі мен Пуассон теңдеуінің дербес шешімінің қосындысынан тұрады. Жалпыланған Лаплас теңдеуі [5-7]

$$\Delta\psi=\frac{1}{-4D}\left(\theta_0\psi_{xx}-\theta_1\psi_{xy}+\psi_{yy}\right)=0 \tag{2.13}$$

түрде жазылады. Әрі қарай

$$\xi=x+\frac{\theta_1}{2}y,\quad \eta=\sqrt{-D}y$$

түрлендіруінің көмегімен (2.13) теңдеуді

$$\Delta\psi=\frac{1}{-4D}\left(\theta_0\psi_{xx}-\theta_1\psi_{xy}+\psi_{yy}\right)=\frac{1}{4}\left(\psi_{\xi\xi}+\psi_{\eta\eta}\right)=0$$

түрінде жаза аламыз. Өз кезегінде

$$\psi_{\xi\xi}+\psi_{\eta\eta}=0 \tag{2.14}$$

түріндегі Лаплас теңдеуінің жалпы шешімін

$$\psi(\xi,\eta)=e^{\xi}\left(A\sin\eta+B\cos\eta\right) \tag{2.15}$$

түрінде таба аламыз. Сонда жалпыланған Лаплас теңдеуінің

$$\psi(x,y)=e^{x+\frac{\theta_1}{2}y}\left(A\sin\sqrt{-D}y+Bcs\sqrt{-D}y\right) \tag{2.16}$$

жалпы шешімі табылады.

Мысал. $\theta_0=\theta_1=2$ дейік. Сонда $D=\frac{\theta_1^2}{4}-\theta_0=-1<0.$ Демек (2.13) жалпыланған Лаплас теңдеуінің жалпы шешімі

$$\psi(x,y)=e^{x+y}\left(A\sin y+B\cos y\right)$$

түрде, ал Пуассон теңдеуінің дербес шешімі

$$\psi_*(x,y)=-x^2+xy-\frac{1}{2}y^2$$

түрінде табылады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Мақалада аралас дербес туындылары бар екінші ретті тұрақты коэффициентті симметриялық эллиптикалық теңдеулердің жалпы шешімінжаңа «жалпыланған комплекс сандар жүйесіне» көшу арқылы табылатыны көрсетілді.

Жұмыс барысында жалпыланған Коши-Риман шарттарының көмегімен аралас дербес туындылары бар жалпыланған Лаплас теңдеуі құрылды. Содан кейңн жалпыланған Эйлер формуласының көмегімен оның жалпы шешімі анықталды.

Қорытынды. Жұмыста анизотропты сырықтың бұралу теңдеуі жалпыланған комплекс сандар теориясы тұрғысынан талданды. Бұл әдіс аналитикалық шешімдер табуға және әртүрлі пішіндегі қималар үшін бұралу бұрышын есептеуге мүмкіндік береді. Келешекте бұл тәсілді сандық әдістермен салыстыра отырып тексеру жоспарлануда.

Әдебиеттер тізімі

1. Лехницкий, С.Г. Кручение анизотропных и неоднородных стержней [Текст] / С.Г. Лехницкий. – М.: Наука, 1971. – 240 с.
2. Гузь, А.Н., Малинин, Л.А. Механика анизотропных тел [Текст] / А.Н. Гузь, Л.А. Малинин. – Киев: Наукова думка, 1989. – 512 с.
3. Александров, В.М. Анизотропия и неоднородность в задачах теории упругости [Текст] / В.М. Александров. – М.: Физматлит, 1998. – 464 с.
4. Reddy, I.N. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis. – CRC Press, 2004. – 856 p.
5. Sagyndykov, B.Zh. The concept and application of complex numbers in the system of affine coordinates // Bulletin of the Kazakh National Pedagogical University named after Abai, physical and mathematical series. – 2016. – No. 2(54). – P. 68-74.
6. Сағындықов, Б.Ж. Аффиндік координаталар жүйесіндегі комплекс сандар ұғымы және қолданылуы [Текст] / Б.Ж. Сағындықов // Вестник Казахского Национального педагогического университета имени Абая, серия физико-математическая. – 2016. – № 2(54). – С. 68-74.
7. Сагиндыков, Б.Ж. Элементарные функции и условия Коши-Римана обобщенного комплексного переменного [Текст] / Б.Ж. Сагиндыков // Вестник Казахского Национального педагогического университета имени Абая, серия физико-математическая. – 2016. – № 2(54). – С. 61-68.

Материал редакцияға 19.10.25 түсті, 26.12.25 қабылданды.

Б.Ж. Сагиндыков[1], К.С. Таттибеков[2], Ж. Бимурат[3]

[1]Satbayev University, Алматы, Казахстан
[2]Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан
[3]Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

КРУЧЕНИЕ АНИЗОТРОПНЫХ И НЕОДНОРОДНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Аннотация. Кручение анизотропных и неоднородных стержней представляет собой сложную упругую задачу, в которой механические свойства материала зависят от направления в пространстве. Это явление характеризуется скручиванием его поперечных сечений вдоль своей оси под действием крутящего момента, действующего на стержень. Анизотропные и композиционные материалы широко используются в современном строительстве, авиации и машиностроении. Для прогнозирования их прочности, надежности и длительной эксплуатации необходимо знать характер их поведения при кручении. Поэтому возникает необходимость в обобщении классических формул, полученных для традиционных изотропных материалов. В связи с этим исследование кручения анизотропных неоднородных стержней стало актуальным направлением в современной механике и теории

композиционных материалов. Аналитический расчет анизотропного кручения весьма сложен. Поэтому данная тема дает импульс развитию новой аналитической теории и численных методов. В статье показано, что функция напряжений, возникающая при кручении упругого стержня, выражается уравнением Пуассона. В работе использована новая обобщенная теория комплексных чисел для нахождения общего решения уравнения Пуассона, содержащего смешанную независимую производную второго порядка.

Ключевые слова: анизотропные материалы, кручение, угол закручивания, теория Сен-Венана, функция напряжений, уравнение Пуассона.

B.Zh. Sagindykov[1], K.S. Tattybekov[2], Zh. Bimurat[3]

[1]Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
[2]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[3]International Information Technology Univeristy, Almaty, Kazakhstan

TORSION OF ANISOTROPIC AND NON-UNIFORM RODS

Abstract. Torsion of anisotropic and inhomogeneous rods is a complex elastic problem in which the mechanical properties of the material depend on its spatial direction. This phenomenon is characterized by twisting of its cross-sections along their axis under the action of a torque acting on the rod. Anisotropic and composite materials are widely used in modern construction, aviation, and mechanical engineering. To predict their strength, reliability, and long-term service life, it is necessary to understand their behavior under torsion. Therefore, it is necessary to generalize the classical formulas obtained for traditional isotropic materials. In this regard, the study of torsion of anisotropic inhomogeneous rods has become a relevant area in modern mechanics and the theory of composite materials. Analytical calculation of anisotropic torsion is quite complex. Therefore, this topic provides impetus for the development of new analytical theory and numerical methods. This article demonstrates that the stress function arising from the torsion of an elastic rod is expressed by Poisson's equation. This paper uses a new generalized theory of complex numbers to find a general solution to the Poisson equation containing a mixed independent second-order derivative.

Keywords: anisotropic materials, torsion, twist angle, Saint-Venant theory, stress function, Poisson equation.

References

1. Lekhnitskiy S.G. Kruchenie anizotropnyh i neodnorodnyh sterzhnej [Torsion of anisotropic and nonhomogeneous rods]. – Moscow: Nauka, 1971. – 240 p. [in Russian].
2. Guz' A.N., Malinin L.A. Mekhanika anizotropnyh tel [Mechanics of anisotropic bodies]. – Kiev: Naukova dumka, 1989. – 512 p. [in Russian].
3. Aleksandrov, V.M. Anizotropiya i neodnorodnost' v zadachah teorii uprugosti [Anisotropy and inhomogeneity in problems of elasticity theory]. – Moscow: Fizmatlit, 1998. – 464 p. [in Russian].
4. Reddy I.N. Mechanics of laminated composite plates and shells: theory and analysis. – CRC Press, 2004. – 856 p.
5. Sagyndykov B.Zh. The concept and application of complex numbers in the system of affine coordinates // Bulletin of the Kazakh National Pedagogical University named after Abai, physical and mathematical series. – 2016. – No.2(54). – P.68-74.
6. Sagyndykov B.Zh. Affindik koordinatalar zhuiesindegi kompleks sandar ughymy zhane qoldanyluy [Concept and application of complex numbers in the system of affine coordinates] // Bulletin of Kazakh National Pedagogical University named after Abai, physical and mathematical series. – 2016. – No.2. – P.68-74. [in Kazakh].
7. Sagindykov B.Zh. Elementarnye funktsii i usloviya Koshi-Rimana obobshchennogo kompleksnogo peremennogo [Elementary functions and Cauchy-Riemann conditions of generalized complex variable] // Bulletin of Kazakh National Pedagogical University named after Abai, physical and mathematical series. – 2016. – No.2(54). – P.61-68. [in Russian].

ҒТАМР 87.33.33

С.С. Кудрявцев[1] – *негізгі автор*, ©
П.В. Емелин[2], М.Т. Курбанов[3], А.А. Рахимберлина[4]

[1]Биол. ғылым. канд., доцент, [2]Техн. ғылым. д-ры,
[3]Техн. ғылым. канд., доцент, [4]Докторант

ORCİD
[1]https://orcid.org/0000-0002-7232-6304 [2]https://orcid.org/0000-0001-7431-0069
[3]https://orcid.org/0000-0003-2526-9527 [4]https://orcid.org/0000-0002-5310-5944

[1,4]Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан
[2]ЖШС «ДӨБҰАК БАО», Қарағанды, Қазақстан
[3]Бұхара инженерлік-технологиялық институты, Бұхара, Өзбекстан Республикасы

@ *[1]altuwa1986@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/GOFP1686

ХИМИЯЛЫҚ ҚАУІПТІ ОБЪЕКТІНІҢ ЖҰМЫС ІСТЕУІМЕН БАЙЛАНЫСТЫ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТӘУЕКЕЛДІ БАҒАЛАУДА ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ОСАЛДЫҚ КӨРСЕТКІШІНІҢ РӨЛІ

Аңдатпа. Елді индустрияландырудың жоғары қарқыны химиялық қауіпті объектілері бар жұмыс істеп тұрған және жобаланатын кәсіпорындардың қоршаған ортаға қауіп-қатерін бағалауды ерекше өзекті етеді. Сонымен қатар, химиялық қауіпті объектідегі апаттың әсер ететін факторларынан қоршаған ортаның осалдығы қауіпті априорлық бағалау кезінде қолданылатын маңызды көрсеткіш болып табылады. Зерттеудің мақсаты химиялық қауіпті объектілердегі техногендік төтенше жағдайлардың әсер ететін факторларынан қоршаған ортаның осалдығын сипаттайтын көптеген критерийлік параметрлерді анықтау болып табылады. Зерттеуде сараптамалық бағалау әдісі қолданылды. Экологиялық тәуекел объектілері орналасқан жеріне қарай екі санатқа бөлінді: құрлықта және су ортасында. Жер учаскесі үшін химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдығын сипаттайтын кластерге 4 критерийлік параметр, ал су ортасы үшін ұқсас кластерге 5 критерийлік параметр кіреді. Сондай-ақ, сараптамалық зерттеу барысында осы кластерлердегі салмақ коэффициенттері бөлініп, олардың қоршаған орта объектілерінің осалдығына үлестік үлесі анықталды.

Тірек сөздер: химиялық қауіпті объект, апаттық химиялық қауіпті зат, тәуекелді бағалау, экологиялық тәуекел, химиялық қауіпсіздік, экологиялық қауіпсіздік, өнеркәсіптік қауіпсіздік.

Кудрявцев ,С.С. Химиялық қауіпті объектінің жұмыс істеуімен байланысты экологиялық тәуекелді бағалауда қоршаған ортаның осалдық көрсеткішінің рөлі [Мәтін] / С.С. Кудрявцев, П.В. Емелин, М.Т. Курбанов, А.А. Рахимберлина //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.407-417. https://doi.org/10.55956/GOFP1686

Кіріспе. 2020 жылғы жағдай бойынша Қазақстан Республикасының аумағында 186 химиялық қауіпті объект (ХҚО) жұмыс істеді және жыл сайын елді индустрияландырудың дамуымен олардың саны да өсуде. ХҚО қызметі тәуекелдердің кең спектрімен байланысты: апаттар, халықтың және

қызметкерлердің өмірі мен денсаулығы үшін, әлеуметтік, экономикалық және экологиялық. Аталған тәуекелдердің ішінде соңғысын ерекше атап өту керек. Физика-химиялық және токсикологиялық қасиеттері бойынша әртүрлі апаттық химиялық қауіпті заттармен (АХҚЗ) қатар, олардың көпшілігі экотоксиканттар болып табылады, экологиялық тәуекел деңгейі негізінен ХҚО-дегі технологиялық процестердің қауіпсіздігіне байланысты [1].

Сонымен, 2000 жылдың 30 қаңтарында Румынияның солтүстік-батысындағы Байа-Маре-Ауру алтын кенішінің бөгеті бұзылды [2]. Нәтижесінде көршілес Венгриядағы ең ірі өзендердің бірі Тиса өзенінің Лапус пен Сомеш салаларына цианидтері бар 100 000 текше метр ағынды сулар кірді.

Су сынамаларында цианидтердің шекті рұқсат етілген концентрациясының 100 есе артуы байқалды. Одан әрі цианидтер Сербия, Болгария және Румыния арқылы өтетін Дунай өзеніне жетті. Осылайша, осы АХҚЗ таралуының трансшекаралық сипаты төтенше жағдайдың (ТЖ) жаһандық ауқымын анықтады. Өзеннің жекелеген учаскелерінде балық қорының 100%-ға дейін өлді, құстар мен сүтқоректілердің балық жейтін түрлерінің жаппай қырылу жағдайлары байқалды.

Осы апаттың себептерін тергеу бөгетті жобалау және салу кезінде тәуекелді бағалау дұрыс жүргізілмегенін көрсетті, сондықтан ТЖ осы гидротехникалық құрылысты пайдалану басталғаннан кейін 2 жылдан аз уақыт өткен соң орын алды. Нәтижесінде төгілудің жоғарылауы бөгеттің бұзылуына және өзенге байыту қалдықтарының түсуіне әкелді.

Көріп отырғанымыздай, өнеркәсіптік кәсіпорындар санының өсуімен ХҚО-ден қоршаған ортаға қауіп-қатерді оны жобалау сатысында бағалауға мүмкіндік беретін әдістер ерекше өзектілікке ие болады. Классикалық мағынада тәуекел екі категорияның арақатынасы ретінде қарастырылады: белгілі бір зиян түріне әкелетін жағымсыз оқиғалардың жиілігі және осы жағымсыз оқиғалардың келтірген зиянының ауырлығы [3]. Зиянның ауырлығы негізінен осалдыққа (өндірістік объект, персонал, халық, қоршаған орта және т.б.) байланысты болады деп ойлау қисынды. Осалдықтың жалпы қабылданған анықтамасы болмаса да, оның әртүрлі контексттерде маңызы зор. N. Khakzad және авторлар қайта өңдеу өнеркәсібінің кәсіпорындарын зерттей отырып, осалдықты табиғи немесе антропогендік бұзылулардан туындаған ықтимал зиян немесе зиян ретінде, сондай-ақ осы салаға тән сезімталдық және осындай бұзылуларға бейімделу ретінде қарастырады [4]. Қазіргі зерттеушілер [5,6] осалдық ұғымы біршама кеңірек көрінеді және оған сезімталдық, тұрақтылық, сезімталдық және бейімделу кіреді деп санайды. Осалдық-бұл тәуекелді мұқият және көп өлшемді талдауды қажет ететін көп қырлы ұғым.

Соңғы онжылдықтарда өңдеу өнеркәсібіндегі осалдықты бағалаудың көптеген әдістері мен тәсілдері пайда болды [7,8]. Бұл әдістемелер әртүрлі қолдану салаларын, күрделілігі мен қолданылуын көрсетеді, оларды жетілдірудің нәтижесі экологиялық тәуекелді бағалау әдістерінің сенімділігін арттыру болуы мүмкін. Демек, ең тиімді және сенімді әдістер мен тәсілдерді анықтау мақсатында өңдеу өнеркәсібіндегі осалдықты бағалау үшін қолданыстағы әдебиеттерді кешенді шолу және синтездеу қажет.

Зерттеудің мақсаты – ХҚО-дегі техногендік ТЖ әсер ететін факторларынан қоршаған ортаның осалдығын сипаттайтын көптеген критерийлік параметрлерді анықтау.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Қоршаған ортаның осалдығын анықтайтын көптеген сәйкес келмейтін факторлар біздің әдістемемізде сараптамалық бағалау әдісін қолдануды өзекті етеді.

Бұл әдістің мәні сарапшылардың пікірлері мен болжамдарын ұйымдасқан түрде жинау, содан кейін алынған жауаптарды өңдеу және нәтижелерді қалыптастыру болып табылады. Біздің зерттеу тобымыз сараптамалық зерттеудің пәндік саласы мен мақсатын анықтады. Сараптамалық сауалнаманың мақсаты критериалды параметрлердің тізбесін, олардың әсер ету дәрежесін және ХҚО-дегі техногендік сипаттағы ТЖ экологиялық салдарын бағалау үшін олардың мәндерінің маңыздылығын анықтау болып табылады.

Сарапшыларды іріктеу кезінде үміткерлердің негізгі тізімі, содан кейін алдын-ала және түпкілікті тізім жасалды. Сараптама тобының құрамына кандидаттардың базалық тізімін қалыптастыру "қарлы кома"классикалық әдісі бойынша жүргізілді. Сарапшылардың қорытынды тізіміне осы салада орташа жұмыс өтілі 14,5 жыл өнеркәсіптік, химиялық, экологиялық қауіпсіздік саласындағы жоғары білікті 27 маман кірді.

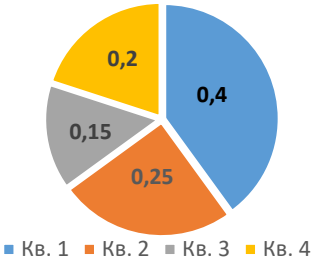
Зерттеу барысында әр сарапшы қоршаған ортаның осалдығын, сондай-ақ олардың мүмкін болатын мәндерін анықтайтын критерийлік параметрлер тізімін қамтитын кластер әзірледі. Сарапшылардан критерийлік параметрлер тізімдері және олардың мүмкін мәндері бар барлық қажетті кластерлерді ала отырып, зерттеу тобы қорытынды сауалнамалар үшін критерийлік параметрлердің бірыңғай тізімін жасады. Қорытынды сауалнамаларды пайдалана отырып, ХҚО ТЖ экологиялық салдарын болжау мақсатында осалдық көрсеткішін анықтау үшін әрбір критерий параметрінің әсер ету дәрежесі мен көрінісі туралы ақпарат жиналады. Сауалнама жүргізу үшін әмбебап лингвистикалық шкала түріндегі баллдық жүйе қолданылды. Шкаланың көмегімен бастапқы мәліметтерді сапалық және сандық түрде стандарттауға болады. Осы кезеңде сарапшылар 0-ден 9-ға дейінгі балл шкаласын қолдана отырып, өз тәжірибелеріне сүйене отырып, қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін есептеу үшін әрбір критериалды параметрдің үлес салмағын одан әрі анықтау мақсатында критериалды параметрлерді ХҚО-дегі ТЖ-ның экологиялық салдарына әсер ету дәрежесі бойынша бағалады. Критериалды параметр мәнінің әсерінің болмауы «0ə бағасына сәйкес келеді. Критериалды параметр мәнінің максималды әсері «9» бағасына сәйкес келеді. Осыдан кейін зерттеу тобы сарапшылардың пікірлерінің сәйкестік дәрежесін анықтау, қорытынды балдық бағаларды белгілеу мақсатында статистикалық талдау және сараптамалық бағалауларды өңдеу жүргізді. Нәтижесінде параметрлердің салмақ коэффициенттері анықталды және критериалды параметрлердің барлық рұқсат етілген мәндері үшін қорытынды бағалар белгіленді. Сараптамалық бағалау нәтижелерінің көмегімен критериалды параметрлердің әрқайсысы үшін салмақ коэффициенттері есептеледі:

$$w_j = \frac{\bar{g}_j}{\sum_{j=1}^{n} \bar{g}_j}, \quad (1)$$

мұндағы: w_j – j-ші критерийлік параметрдің үлес салмағы; $\bar{g}_j$ – j-ші параметр сарапшыларының бағалауының орташа арифметикалық балы; n – критерийлік параметрлер саны.

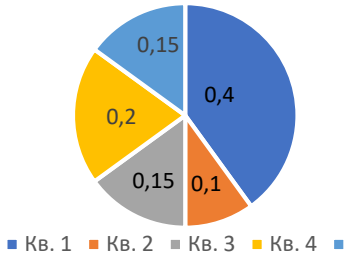
Критерийлік параметрлердің алынған салмақ коэффициенттері бұдан әрі қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін ХҚО есептеу бойынша көп факторлы тәуелділіктерді әзірлеу үшін пайдаланылды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Сараптамалық зерттеу нәтижелері көрсеткендей, объектінің қандай ортада орналасқандығына байланысты, ХҚО-ге ТЖ зақымдайтын факторларының әсері зерттелетін болады, ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін жер учаскесі (топырақ), объект және су ортасы үшін бөлек қарастырған жөн. Нәтижесінде, ХҚО-ден жер учаскесіне (топыраққа), объектіге қоршаған ортаның осалдығын сипаттайтын кластер төрт критериймен, ал су ортасы үшін бес өлшеммен ұсынылған. 1 және 2-суреттерде осы кластерлердегі салмақ коэффициенттерінің таралуы көрсетілген. Қауіпті объектінің табылуына қарамастан, химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдығы кластерінің жиынтық салмағы 1-ге тең.



■ – қарастырылып отырған жер учаскесіне (топыраққа), объектіге дейінгі қашықтықтың маңыздылығы;
■ – жер бетінің көлбеуінің маңыздылығы;
■ – топырақтың су өткізгіштік дәрежесінің маңыздылығы;
■ – жер учаскесін (топырақты), объектіні тағайындаудың маңыздылығы.

Сурет 1. Жер учаскесі (топырақ), объект үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін сипаттайтын кластердің критерийлік параметрлері бойынша салмақ коэффициенттерін бөлу



■ – қарастылып отырған ұңғымаға, көлге немесе су ағынына дейінгі қашықтың маңыздылығы;
■ – жер асты суларының бетіне дейінгі терендіктің маңыздылығы;
■ – жер асты сулары бетінің көлбеуінің маңыздылығы және ағынның бағыты;
■ – топырақтың өткізгіштік дәрежесінің маңыздылығы;
■ – су қойманың мақсатының маңыздылығы.

Сурет 2. Су ортасы үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін сипаттайтын кластердің критерийлік параметрлері бойынша салмақ коэффициенттерін бөлу

Суреттерде көрсетілген критерийлік параметрлерді ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығының дескрипторлары ретінде таңдау себептерін қарастырамыз.

Қарастырылып отырған объектіге дейінгі қашықтық. Бағаланатын нүкте қарастырылып отырған жер учаскесіне немесе су ағынына неғұрлым жақын болса, ластаушы заттардың жер үсті суларына түсу және оларды айтарлықтай қашықтыққа тасымалдау ықтималдығы соғұрлым жоғары болады [1].

1-кестеде АХҚЗ ықтимал ағып кету орнынан қарастырылып отырған объектіге дейінгі қашықтықтың градациясы көрсетілген.

Кесте 1

Қарастырылып отырған объектіге (ұңғымаға, көлге немесе су ағынына)дейінгі қашықтық

Ұпай	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Қашықтық, м	0-10	10-20	20-35	35-50	50-75	75-150	150-300	300-1000	1000-2000	> 2000

АХҚЗ ықтимал таралуының есептік мәні [9] сәйкес анықталуы мүмкін. Құбыр бұзылған кезде ағып кеткен сұйықтықтың көлемі формула бойынша анықталады:

$$V = 0.79 \cdot D^2 \cdot L, \quad (2)$$

мұндағы: D – құбырдың диаметрі, м; L – көршілес кесінділер арасындағы кесіндінің ұзындығы, м.

Төгілудің сызықтық мөлшері ағып кеткен сұйықтықтың көлеміне және таралу жағдайларына байланысты. Еркін таралу кезінде төгілу диаметрін [10] қатынасынан анықтауға болады:

$$d = \sqrt{25{,}5 \cdot V}, \quad (3)$$

мұндағы: d – төгілу диаметрі, м; V – сұйықтық көлемі, $м^3$.

Егер қарастырылып отырған объектіге қарай көлбеу болса, онда төгілу диаметрі келесідей анықталады:

$$C = \sqrt[2]{A^2 + d^2}, \quad (4)$$

мұндағы: А – ХҚО мен зерттеу объектісі арасындағы биіктік айырмашылығы, м; С – көлбеу бұрышындағы есептік қашықтық, м.

Егер қарастырылып отырған объектіге/ (ұңғымаға, көлге немесе су ағынына) дейінгі арақашықтық АХҚЗ ықтимал таралуының есептік мәнінен немесе 1-кестенің мәнінен артық болса, онда осы химиялық қауіпті зат осы объектіге экологиялық зиян келтіре алмайтынын қабылдаймыз. Тиісінше, берілген объект үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткіші нөлге тең деп қабылданады. І-ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдық дәрежесі «жоқ».

Жер асты суларының бетіне дейінгі тереңдік. Жер асты суларының деңгейі неғұрлым жоғары болса, олар оның гидродинамикалық көрсеткіштеріне соғұрлым белсенді әсер етеді [1].

2-кестеде АХҚЗ ағып кетуі мүмкін жерден жер асты суларының бетіне дейін топырақ тереңдігінің градациясы көрсетілген.

Кесте 2

Жер асты суларының бетіне дейінгі тереңдік [11]

Ұпай	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Қашықтық, м	0-0,2	0,2-1	1-3	3-5	5-7	7-12	12-20	20-30	30-60	> 60

Жер асты суларының бетінің көлбеуі және ағынның бағыты. Бұл параметр тұтастай алғанда ластаушы заттардың көші-қон қабілетін анықтайды. Көлбеу шамасының жоғарылауымен әр түрлі көлбеу процестер белсенді бола бастайды, бұл экологиялық әсердің нәтижелеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін [1].

3-кестеде жер бетінің көлбеуін/ АХҚЗ ағып кетуі мүмкін жердегі су ағынының бағытын сипаттайтын градация көрсетілген.

Кесте 3

Жер бетінің көлбеуі/ (жер асты сулары және ағын бағыты)

Ұпай	5	1	0
	Беті ұңғыманың, көлдің немесе су ағынының объектісіне/жер асты суларына қарай қисайған	Беті объектіге/жер асты суларына қарай көлденең	Беті объектіге / ұңғымаға қарай қисаймаған, көл немесе су ағыны жер асты суларының бағытынан 1 км шегінде жатпайды

Топырақтың су өткізгіштік дәрежесі. ГОСТ 25100-95 «Топырақтар. Жіктелуі» стандартына сәйкес [12] су өткізгіштік дәрежесі бойынша топырақтар бес санатқа бөлінеді: су өткізбейтін, су өткізгіштігі төмен, су өткізгіш, жоғары су өткізгіш, өте өткізгіш. Бұл көрсеткіш мөлшерінің өсуімен су объектісімен (ұңғымалар, көлдер немесе су ағыны) тікелей байланысы бар жер асты суларының химиялық ластану қаупі артады. Бұл көрсеткіш неғұрлым жоғары болса, ластаушы заттардың қозғалысы соғұрлым белсенді болады.

4-кестеде АХҚЗ ағып кетуі мүмкін жерде топырақтың суөткізгіштігінің дәрежесін сипаттайтын градация көрсетілген.

Кесте 4

Топырақтың су өткізгіштік дәрежесі

Топырақтың әртүрлілігі	Сүзу коэффициенті, м/ күн	Жер учаскесі (топырақ), объект үшін	Су ортасы үшін
Су өткізбейтін	< 0,005	8	0-1
Су өткізгіштігі төмен	0,005-0,30	6	2
Су өткізгіш	0,30-3	3	3
Жоғары су өткізгіш	3 до 30	2	6
Өте күшті су өткізгіш	> 30	0-1	8

Су қоймасының мақсаты. Ағымдағы жағдайға және су пайдалануды дамыту жоспарларына сүйене отырып, зерттелетін аумақтарды бөлу,

тағайындау мынадай түрде ұсынылады: ауыз су, су шаруашылығы, мәдени-тұрмыстық, табиғи сулы-батпақты жерлер және басқа да типтер. Объектінің осалдығы тиісінше қорғау іс шараларының ауқымына және оның маңыздылық дәрежесіне сәйкес айқындалатын болады [13].

5-кестеде қоршаған орта объектілерінің әкімшілік-шаруашылық белгілері бойынша маңыздылығын сипаттайтын градация көрсетілген.

Кесте 5

Қоршаған ортаның объектілерінің мақсаты (әкімшілік-шаруашылық белгісі бойынша)

Қоршаған ортаны қорғау мақсаттың тағайындау	Ұпайлар
Су ортасы үшін	
Ауыз су	8-9
Су шаруашылық	7-8
Мәдени-тұрмыстық	5-6
Табиғи сулы-батпақты жерлер	4-6
Басқа түрлері	0-2
Жер учаскесі (топырақ), объект үшін	
Табиғи қорық	6-9
Ауыл шаруашылық жерлер	4-6
Пайдаланылмаған жер ресурстары	0-2
Басқа түрлері	0-2

Көптеген критериалды параметрлердің әсер ету дәрежесі {m} және олардың мәндерінің маңыздылығы туралы мәліметтер негізінде і-ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығының көрсеткіші анықталады:

$$ОК_i = \sum_{j=1}^{m} a_j \times y_j \,, \qquad (5)$$

мұндағы: a_j – осалдықтың j-ші критерийлік параметрінің үлес салмағы; y_j – осалдықтың критериалды параметрі мәнінің маңыздылығын балдық бағалау; m – ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін бағалау бойынша кластерді құрайтын критерийлік параметрлер саны.

Жоғарыда келтірілген формула бойынша есептелген осалдық көрсеткіші i-ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдық дәрежесіне сәйкес келеді (6-кесте).

Кесте 6

ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдық дәрежесін бағалауға арналған шкала

i-ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішінің интервалдары	i-ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдық дәрежесі
$ОК_i = 0$	Жоқ
$0 < ОК_i \leq 2$	Төмен
$2 < ОК_i \leq 4$	Орташа
$4 < ОК_i \leq 6$	Маңызды
$6 < ОК_i$	Жоғары

Қорытынды. Қазақстан Республикасының аумағында химиялық қауіпті объектілер санының өсуі ықтимал төтенше жағдайлар кезінде олардың қоршаған ортаға әсерін шынайы бағалауға мүмкіндік беретін тәуекелдерді бағалау әдістемелерін әзірлеуді ерекше өзекті етеді. Химиялық қауіпті объектілердің қауіптілігін бағалаудан басқа, төтенше химиялық қауіпті заттарға ұшыраған кезде қоршаған ортаның осалдығын бағалау мәселесі маңызды болып қала береді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бұл мәселені шешу үшін құрлық пен су ортасында қоршаған орта объектілерінің осалдығына әсер ететін критериалды параметрлер кластерін анықтау тиімді тәсіл болып табылады. Сараптамалық бағалау әдісін қолдану осы критерийлік параметрлерді анықтауға және оларға авариялық химиялық қауіпті заттар әсер еткен кезде қоршаған ортаның осалдығына олардың үлестік үлесін белгілеуге мүмкіндік берді. Ұсынылған тәсіл тәуекелдің классикалық түсінігіне негізделген және қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін салдардың ауырлығының өлшемі ретінде қарастырады. Осы тұжырымдамаға сүйене отырып, осы көрсеткішті химиялық қауіпті объектілердегі жағымсыз оқиғалардың (ТЖ) жиілігін анықтайтын көрсеткішпен салыстыру (мысалы, олардың қауіптілік көрсеткіші) белгілі бір жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін химиялық қауіпті объектідегі ТЖ нәтижесінде экологиялық зардаптардың қаупін бағалауға мүмкіндік береді. Географиялық ақпараттық жүйелер мен экологиялық тәуекелді бағалау әдістемесін одан әрі синтездеу химиялық қауіпті объектінің айналасын қоршаған ортаға қауіптілік деңгейіне қарай аймақтарға бөлуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Yemelin P.V., Kudryavtsev S.S., Yemelina N.K. The methodological approach to environmental risk assessment from man-made emergencies at chemically hazardous sites // Environmental Engineering Research. – 2021. – Vol. 26. – No. 4. – P. 100-111.
2. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. The Baia Mare gold mine cyanide spill: causes, impacts and liability. – 2000 [Electronic resource]. – Access mode: https://reliefweb.int/report/hungary/baia-mare-gold-mine-cyanide-spill-causes-impacts-and-liability.
3. Khan F., Rathnayaka S., Ahmed S. Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future // Process Safety and Environmental Protection. – 2015. – Vol. 98. – P. 116-147.
4. Khakzad N., Reniers G., Abbassi R., Khan F. Vulnerability analysis of process plants subject to domino effects // Reliability Engineering and System Safety. – 2016. – Vol. 154. – P. 127-136.
5. Emkani M., Yazdi M., Zarei E., et al. Advancing understanding of vulnerability assessment in process industries: A systematic review of methods and approaches // International Journal of Disaster Risk Reduction. – 2024. – Vol. 107. – Art. 104479.
6. Zeng T., Chen G., Yang Y., et al. A systematic literature review on safety research related to chemical industrial parks // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – No. 14. – Art. 5754.
7. Кесорецких, И.И. Методика оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям [Текст] / И.И. Кесорецких, С.И. Зотов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2012. – № 1. – С. 51-57.
8. Белов, Н.С. Оценка геоэкологической ситуации в речных бассейнах Калининградской области с применением геоинформационных технологий : дис. … канд. геогр. наук [Текст] / Н.С. Белов. – Калининград, 2011. – 145 с.

9. Бодриков О.В. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС. Кн. 2 [Текст] / О.В. Бодриков, А.П. Елохин, Б.В. Рязанцев, В.С. Рыжиков. – М. : МЧС Российской Федерации, 1994. – 23 с.
10. Кудрявцев С.С. Современные научные подходы к определению факторов, влияющих на формирование зоны химического заражения при авариях на химически опасных объектах [Текст] / С.С. Кудрявцев, П.В. Емелин, А.А. Рахимберлина // Труды университета. – 2019. – № 2. – С. 41-46.
11. Environment Directorate of the Organisation for Economic Co-operation and Development. Ageing of hazardous installations. – Paris: OECD Environment, Health and Safety Publications, 2017. – 34 p. (Series on Chemical Accidents, No. 29).
12. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация [Текст]. – Введ. 1996-07-01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 24 с.
13. Shao Ch., Yang J., Tian X., et al. Integrated environmental risk assessment and whole-process management system in chemical industry parks // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2013. – Vol. 10. – P. 1609-1630.

Материал редакцияға 03.04.25 түсті, 30.09.25 қабылданды.

С.С. Кудрявцев[1], П.В. Емелин[2], М.Т. Курбанов[3], А.А. Рахимберлина[1]

[1]Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан
[2]ТОО «НАКС ГАЦ», Караганда, Казахстан
[3]Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Республика Узбекистан

РОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЯ УЯЗВИМОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА, СВЯЗАННОГО С ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА

Аннотация. Высокий темп индустриализации страны делает особо актуальной оценку риска для окружающей среды как действующих, так и проектируемых предприятий с химически опасными объектами. При этом уязвимость окружающей среды от поражающих факторов аварии на химически опасном объекте является важным показателем, используемом при априорной оценке риска. Целью исследования является определение множества критериальных параметров, описывающих уязвимость окружающей среды от поражающих факторов техногенных чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах. В исследовании использовался метод экспертных оценок. Объекты экологического риска были разделены на две категории в зависимости от местонахождения: находящиеся на суше и в водной среде. Кластер, описывающий показатель уязвимости окружающей среды от химически опасного объекта для земельного участка включает 4 критериальных параметра, а аналогичный кластер для водной среды – 5. Также в ходе экспертного исследования были распределены весовые коэффициенты в этих кластерах, установлен их долевой вклад в уязвимость объектов окружающей среды.

Ключевые слова: химически опасный объект, аварийно химически опасное вещество, оценка риска, экологический риск, химическая безопасность, экологическая безопасность, промышленная безопасность.

S.S. Kudryavtsev[1], P.V. Yemelin[2], M.T. Kurbanov[3], A.A. Rakhimberlina[1]

[1]Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan
[2]"NAKS GAC" LLP, Karaganda, Kazakhstan
[3]Bukhara Engineering-Technological Institute, Bukhara, Republic of Uzbekistan

THE ROLE OF THE ENVIRONMENTAL VULNERABILITY INDEX IN ASSESSING ENVIRONMENTAL RISKS ASSOCIATED WITH THE OPERATION OF A CHEMICALLY HAZARDOUS SITE

Abstract. The country's high rate of industrialization makes the assessment of environmental risk for both operating and planned enterprises with chemically hazardous sites particularly relevant. The vulnerability of the environment to the impact factors of an accident at such sites is a key indicator used in a priori risk assessment. This study aims to identify a set of criteria that describe environmental vulnerability to the impact factors of man-made emergencies at chemically hazardous sites. The research employed the expert evaluation method. Environmental risk objects were categorized based on their location into two groups: those on land and those in aquatic environments. The cluster representing environmental vulnerability for land-based chemically hazardous sites includes four criterion parameters, while the cluster for aquatic environments comprises five. Additionally, the expert evaluation process determined the weighting coefficients within these clusters and established their relative contributions to environmental vulnerability.

Keywords: chemically hazardous site, hazardous chemical, risk assessment, environmental risk, chemical safety, environmental safety, industrial safety.

References

1. Yemelin P.V., Kudryavtsev S.S., Yemelina N.K. The methodological approach to environmental risk assessment from man-made emergencies at chemically hazardous sites // Environmental Engineering Research. – 2021. – Vol. 26. – No. 4. – P. 100-111.
2. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. The Baia Mare gold mine cyanide spill: causes, impacts and liability. – 2000 [Electronic resource]. – Access mode: https://reliefweb.int/report/hungary/baia-mare-gold-mine-cyanide-spill-causes-impacts-and-liability.
3. Khan F., Rathnayaka S., Ahmed S. Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future // Process Safety and Environmental Protection. – 2015. – Vol. 98. – P. 116-147.
4. Khakzad N., Reniers G., Abbassi R., Khan F. Vulnerability analysis of process plants subject to domino effects // Reliability Engineering and System Safety. – 2016. – Vol. 154. – P. 127-136.
5. Emkani M., Yazdi M., Zarei E., et al. Advancing understanding of vulnerability assessment in process industries: A systematic review of methods and approaches // International Journal of Disaster Risk Reduction. – 2024. – Vol. 107. – Art. 104479.
6. Zeng T., Chen G., Yang Y., et al. A systematic literature review on safety research related to chemical industrial parks // Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – No. 14. – Art. 5754.
7. Kesorotskikh I.I., Zotov S.I. Metodika otsenki uyazvimosti prirodnykh kompleksov k antropogennym vozdeystviyam [Methodology for assessing the vulnerability of natural complexes to anthropogenic impacts] // Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. – 2012. – No. 1. – P. 51–57. [in Russian].

8. Belov, N.S. Otsenka geoekologicheskoy situatsii v rechnykh basseynakh Kaliningradskoy oblasti s primeneniyem geoinformatsionnykh tekhnologiy [Assessment of the geoecological situation in river basins of the Kaliningrad region using geoinformation technologies]: PhD thesis (Geographical Sciences). – Kaliningrad, 2011. – 145 p. [in Russian].
9. Bodrikov O.V., Elokhin A.P., Ryazantsev B.V., Ryzhikov V.S. Sbornik metodik po prognozirovaniyu vozmozhnykh avariy, katastrof, stikhiynykh bedstviĭ v RSChS. Book 2 [Collection of methodologies for forecasting possible accidents, disasters, and natural hazards within the Unified State Emergency Prevention and Response System. Book 2]. – Moscow: Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation, 1994. – 23 p. [in Russian].
10. Kudryavtsev S.S., Yemelin P.V., Rakhimberlina A.A. Sovremennyye nauchnyye podkhody k opredeleniyu faktorov, vliyayushchikh na formirovaniye zony khimicheskogo zarazheniya pri avariyakh na khimicheski opasnykh ob”yektakh [Modern scientific approaches to determining factors influencing the formation of chemical contamination zones during accidents at chemically hazardous facilities]// University Proceedings. – 2019. – No. 2. – P. 41-46. [in Russian].
11. Environment Directorate of the Organisation for Economic Co-operation and Development. Ageing of hazardous installations. – Paris: OECD Environment, Health and Safety Publications, 2017. – 34 p. (Series on Chemical Accidents, No. 29).
12. GOST 25100-95. Grunty. Klassifikatsiya [Soils. Classification]. – Introduced. 1996-07-01. – Moscow : Standartinform, 2005. – 24 p. [in Russian].
13. Shao Ch., Yang J., Tian X., et al. Integrated environmental risk assessment and whole-process management system in chemical industry parks // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2013. – Vol. 10. – P. 1609-1630.

ҒТАМР 87.15.02

Ж. Дүйсени[1] – *негізгі автор*,
Ф. Амангелді[2], Н. Өксікбай[3], Р. Қауымбаев[4]

[1]*Магистрант,* [2,3]*Студент,* [4]*PhD*

[4]*https://orcid.org/0000-0003-4266-342X*

[1,2,3,4]*М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті,*

Тараз, Қазақстан

[4]*nako02@mail.ru*

https://doi.org/10.55956/NHAF9017

ЖАНАРМАЙ САҚТАУ РЕЗЕРВУАРЛАРЫНАН ЖАНАРМАЙДЫҢ КҮНДЕЛІКТІ ҰШУ ШЫҒЫНЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ТИГІЗЕТІН ӘСЕРІ

Аңдатпа. Мақалада мұнай өнеркәсібінің өнімдері, соның ішінде бензин отыны туралы сұрақтар қарастырылған. Жанармай сақтау резервуарларында сақталынатын бензин отынының күнделікті қоршаған ортаға буланып бөлінетін шығынына есептеу жүргізілген және адамның денсаулығы мен қоршаған ортаға тигізетін әсері қарастырылған.

Тірек сөздер: сақтау резервуары, бензин отыны, мұнай өнеркәсібі, өнім, булану индексі, көмірсутек, булану кеңістігі, шартты булану.

Дүйсени, Ж. Жанармай сақтау резервуарларынан жанармайдың күнделікті ұшу шығынын есептеу және оның қоршаған ортаға тигізетін әсері [Мәтін] / Ж. Дүйсени, Ф. Амангелді, Н. Өксікбай, Р. Қауымбаев //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.418-424. https://doi.org/10.55956/NHAF9017

Кіріспе. Бензин отынының тарихы мұнай өнеркәсібінің және техника мен технологияның, соның ішінде ішкі жану қозғалтқыштар технологиясының дамуыменн тығыз байланысты. «Бензин» сөзі химиялық заттың «бензол» атауынан шыққан (ағылшынша «benzene»), бірақ құрамдары жағынан алып қарайтын болсақ, бензин мен бензол әртүрлі заттар. Бастапқыда бензин мұнайды айдау кезінде жанама өнім болып саналды және ол өте шектеулі түрде ғана қолданылып келді, бірақ уақыт өте келе бензин отыны XX-XXI ғасырлардың негізгі энергетикалық ресурсына айналды [1].

Алғашқы өнеркәсіптік мұнай өндіру 1859 жылы АҚШ-та (Пенсильвания штаты) басталды, алғашқы мұнай ұңғымасын Эдвин Дрейк бұрғылаған. Ол кезде мұнайды өндіргендегі негізгі мақсат – жарық беретін шамдарға қажетті керосинді алу ғана болды, өйткені электр жарығы әлі кең таралмаған еді. Бензин отыны мұнай өнімінің жеңіл фракциясы ретінде, дистилляция кезінде бөлініп алынып, қажетсіз қалдық ретінде саналып келді, бензин тіпті жай күйіп кетті немесе төгіліп келді.

Алайда, техника мен технологияның жылдам дамуы бұл жағдайды өзгерте бастады. 1870-1880 жылдары ғалымдар ішкі жану қозғалтқыштарына арналған отын ретінде бензин отынымен тәжірибе жасай бастады. 1876 жылы неміс инженері Николаус Отто бензин отынымен жұмыс істей алатын төрт

тактілі ішкі жану қозғалтқышын ойлап тапқан уақыт ерекше маңызды кезең болды.

1885 жылы Карл Бенц бензин отыны арқылы ішкі жану қозғалтқышымен жұмыс істейтін алғашқы машинаны жасады. 1886 жылы ол өзінің осы өнертабысына патент алды. Көп уақыт өтпей-ақ 1889 жылы Готлиб Даймлер мен Вильгельм Майбах қуатты бензин отынымен жұмыс істейтін ішкі жану қозғалтқышы бар төрт доңғалақты машинаны өндіріске енгізді.

Бірте-бірте уақыт өте келе бензин отыны стратегиялық отын ретінде қабылдана бастады. 19-шы ғасырдың соңғы жылдары АҚШ пен Еуропада алғашқы жанармай құю станциялары ашылып жұмыс жасай бастады. Бензин отынына деген қажеттілік тез өсіп, мұнай өңдеу зауыттары бензин отынын алу технологиясын жетілдіре бастады.

XX ғасырдың басында машина жасау саласының қарыштап дамып, әртүрлі автомобильдердің жаппай өндірілуіне байланысты бензин отынына деген сұраныс та арта түсті. 1903 жылы «Ford Motor Company» компаниясының құрылуы ерекше маңызды оқиға болды, ол «Ford T» моделінің автомобильдерін жаппай шығаруды бастады.

1913 жылы каталитикалық крекинг әдісі ашылды, бұл ауыр мұнай фракцияларынан көбірек бензин алуға мүмкіндік береді. Бұл өндіріс көлемін едәуір арттыруға және бензин сапасын жақсартуға мүмкіндік берді.

Бірінші және екінші дүниежүзілік соғыстар кезінде бензин отыны әскери техникаларға, соның ішінде автомобильдер, танкілер, авиациялық құралдар үшін стратегиялық маңызды ресурсқа айналды. Бұл мұнай өңдеу технологияларының дамуын жеделдетіп, одан алынатын отындардың экономика мен саясаттағы рөлін арттырды.

Екінші дүниежүзілік соғыстан кейін машина жасау саласы, соның ішінде автомобиль шығару өнеркәсібі бүкіл әлемде, әсіресе Америка құрама штатында және Еуропа елдерінде қарыштап дами бастады. Бензин отыны күнделікті қолданылатын өнім түріне айналды. Әр түрлі октан саны бар әртүрлі бензин отынының маркалары пайда болды. Сондай-ақ, октан саны арттырылған, бірақ құрамында зиянды (улы) және кейіннен тыйым салынған тетраэтил қорғасыны сияқты қоспаларды кеңінен қолдану басталды [2].

1970 жылдардан бастап энергетикалық дағдарыстардың басталуымен және экологиялық сананың өсуімен бензин отынына сай келетін, балама отындарды іздестіру басталды, яғни газ, дизель, электр энергиясы және т.б. Сонымен қатар, құрамында зиянды әрі улы заттардың ең аз мөлшері бар бензин отынының «экологиялық» тұрғыдан алғандағы таза маркалары пайда бола бастады.

Қазіргі XXI ғасырда да бензин отыны сұранысы жоғары отындардың бірі болып қала береді, бірақ сонымен қатар оған баламалы технологиялар да кеңінен даму үстінде, яғни электромобильдер, будандар, сутегі қозғалтқыштары бар техникалар және т.б. Алайда, экономикасы даму үстіндегі әлемнің көптеген елдерінде бензин отыны әлі де негізгі отын түрі ретінде қолданылады [2].

Қазақстандағы бензин тарихы

Қазақстандық бензин отынының тарихы отандық мұнай өнеркәсібінің дамуымен тығыз байланысты. Қазақстан - посткеңестік кеңістіктегі ең ірі мұнай өндіруші елдердің бірі, біздің елімізде мұнай өңдеу мен бензин отынын өндіру өнеркәсібі өткен XX ғасырда белсенді дами бастады [3].

Қазақстан аумағында мұнай өндіру туралы алғашқы мәліметтер XIX ғасырға жатады. 1899 жылы еліміздің батысында Ембі ауданында (қазіргі Атырау облысы) өнеркәсіптік мұнай өндіру басталды. Кеңестік кезеңде бұл облыс Қазақстанның негізгі мұнай өңіріне айналды. Алайда, XX ғасырдың басында мұнай негізінен мазут пен керосин алу үшін ғана пайдаланылды, ал бензин басқа елдердегідей жанама өнім болып саналып келді.

Кеңестік кезең.

Кеңес Одағы жылдарында Қазақстан біртұтас одақтық энергетикалық жүйенің бір бөлігі болды және мұнай өңдеу мен бензин өндірісінің көп бөлігі ірі зауыттарға бағытталды. Қазақстандағы алғашқы ірі мұнай өңдеу зауыттарының бірі - Атырау мұнай өңдеу зауыты (АМӨЗ) – 1945 жылы салынған. Кейінірек Павлодар (1978 ж.) және Шымкент мұнай өңдеу зауыттары (1985 ж.) іске қосылды, бұл зауыттар бүкіл республика деңгейіндегі бензиннің негізгі жеткізушілеріне айналды.

Кеңес дәуірінде бензин орталықтандырылып, белгіленген бағамен сатылып келді. Мысалы, А-72, А-76 және А-93 маркалы бензин отындарын кез-келген жанармай құю бекеттерінен табуға болады. Қазіргі уақытта бұл зауыт өнімдері түгелдей Еуростандарттарға негізделіп шығарылады, ал А-72 және А-76 бензин тотындары өндірістен шығарылмайды.

Тәуелсіздік кезеңі.

1991 жылы тәуелсіздік алғаннан кейін Қазақстан отын-энергетика секторын реформалауды бастады. Осы саладағы көптеген кәсіпорындар жекешелендірілді, жеке мұнай компаниялары мен жанармай құю станцияларының желілері пайда болды. Мұнай өңдеу зауыттарын жаңғырту басталды.

Қазақстанның қазіргі мұнай өңдеу зауыттары (Атырау, Шымкент және Павлодар қалаларында орналасқан зауыттар) халықаралық стандарттарға сәйкес келетін АИ-80, АИ-92, АИ-95 маркалы бензин отындарының түрлерін өндіреді. 2018 жылдан бастап Қазақстан бензин үшін Еуро-4 және Еуро-5 экологиялық стандарттарына көшкен, бұл нормативтік құжаттардың қолданылуының арқасында бензин отынның сапасы артты және көптеген шығарылатын зиянды қоспалар саны азайды [3].

Қазіргі кезең.

Бүгін күні Қазақстан Республикасында жанармай құс станцияларының (ЖМҚС) желілері өте көп: Qazaq Oil, Helios, Gazpromneft, Sinoil, Sali Oil және т.б. кәсіпорындар жұмыс жасайды. Отандық өндірістен шығарылатын бензин отындары көрші елдерге экспортқа шығарылады, сондай-ақ жанармай отындарына маусымдық тапшылық туындаған кездерде бұндай отындар түрлері елімізге көрші Ресейден әкелінеді.

Мемлекет бензин бағасын, әсіресе ең қолжетімді АІ-92 бағасын реттейді, өйткені ол бүкіл ел бойынша көптеген көліктерде қолданылады. Сондай-ақ, стратегиялық отын қорларын құру және логистиканы жаңғырту бойынша белсенді жұмыс жүргізілуде.

Қазіргі уақытта біздің елімізде осы салаға қатысты мәселелер КО ТР 013/2011 «Автомобиль және авиациялық бензинге, дизель және кеме отынына, реактивті қозғалтқыштарға арналған отынға және мазутқа қойылатын талаптар туралы» Кеден одағының техникалық регламентіне сәйкес реттеледі [4].

Булану – бұл кез-келген температурада сұйықтық бетінен пайда болатын заттың сұйық күйден газға ауысуының физикалық процесі. Бензин үшін бұл процестің ерекше маңызы бар, өйткені ол оның тұтанғыштығына,

сақтау, тасымалдау қауіпсіздігіне және экологиялық сипаттамаларына тікелей әсер етеді.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу жұмысының мақсаты – жанармай сақтау резервуарларынан бензин отынының күнделікті ұшу шығынын есептеу және оның адамның денсаулығы мен қоршаған ортаға тигізетін әсерін зерттеу.

Зерттеу жұмысының міндеттері – бензин отынын тасымалдау және оны сақтау кезінде болатын булану деңгейін есептеу; бензин отынының адам денсаулығы мен қоршаған табиғатқа тигізетін әсерін зерттеу.

Зерттеу нысаны – көлемі 25 $м^3$ болатын жанармай сақтау резервуары, температура 30°С.

Бензин отыны салыстырмалы түрде төменгі температурада буланатын жеңіл көмірсутектердің (мысалы, пентан, гексан, октан) қоспасынан тұратын өнім. Бензин отынының қайнау температурасының диапазоны әдетте: +30°С-тан +200°С-қа дейін - нақты құрамы мен маркасына байланысты болады.

Алайда, бензин отынының булану көрсеткіші бөлме температурасында басталады, яғни +20°С температуралы ортада бензин отыны белсенді түрде буланып, ашық оттан немесе тіпті ұшқыннан тұтануы мүмкін жеңіл булар түзе бастайды [5].

Бензиннің құбылмалылығы бензин сұйықтығының тез булану қабілетін білдіреді. Бензин отыны үшін бұл өте маңызды параметр. Бензин отынының құбылмалылығы неғұрлым жоғары болса, қозғалтқыш суықта оңай іске қосылады, бірақ бензин отынын сақтау және тасымалдау кезінде булану дәрежесі жоғарылайды, бұл бензин отынының жоғалуына және соған сәйкес ауа кеңістігінің ластануына әкеледі.

Құбылмалылық көрсеткіші неғұрлым жоғары бензин отынын суық ауа-райы кезінде қолдануға жақсы. Құбылмалылығы төмен болып келетін бензин-жанармай жүйесіндегі туындайтын артық бу қысымын болдырмау үшін, ондай отын жазға арналған.

Бензин отынының осындай қасиеттеріне байланысты мұнай өңдеу зауыттарында бензин отынының құрамы маусымдық кезеңдерге қарай реттеледі (қысқы және жазғы).

Бензин, отынының адам денсаулығы мен қоршаған табиғатқа әсері.

Бензин отынынан бөлінетін түтін өте улы болып келеді. Бензин буланған кезде одан бөлінеді:

– көмірсутектер – адамның бас ауруын, бас айналуды, шырышты қабықтың тітіркенуін тудырады;

– бензол мен толуол – адам ағзасына ұзақ уақыт әсер еткенде қауіпті канцерогенді заттар болып табылады;

– озон түзуші қосылыстар – елді мекендерде бензин түтінінің пайда болуынан туындайды.

Осындай жағдайлардың туындауына байланысты, бензин отынын сақтау кезінде қауіпсіздік ережелері қатаң сақталуы қажет, яғни отын үшін тығыз жабылатын герметикалық контейнерлерді қолдану, отын құйылатын ыдыстарды (канистралар) ашық жерде қалдырмау, бензин отынына жақын жерде ашық оттан аулақ болу және т.б. [6]

Бензинді тасымалдау және сақтау кезінде болатын булану деңгейін есепке алу.

Жанармай құю станциялары мен жанармай қоймаларында осы мақсатта арнайы жүйелер қолданылады, яғни:

– резервуарларды тығыздау;

– бензин буын ұстау (қалпына келтіру жүйелері);
– сақтау температурасын бақылау.

Бұл шаралар бензин отынының шығынын азайтуға және оның қоршаған ортаға тигізетін зиянды әсерлерін төмендетуге мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Жұмыста бензин отынының булану дәрежесін есептеу мақсатында мына шаралар орындалды, яғни:

1) Бензиннің фракциялық құрамы (дистилляция);

Ең көп таралған әдіс – ГОСТ бойынша фракциялық құрамды анықтау (мысалы, ГОСТ 2177-99 құжаты арқылы).

Бензин отынының булану дәрежесін көрсететін параметрлер:
– қайнаудың басталу температурасы (ТНК);
– 10%, 50% және 90% отын буланатын температура;
– қайнау температурасы;
– дистилляциядан кейінгі қалдық.

Мысалы:

Егер 70°C температуралы ортада бензин отыны булану дәрежесі 50% көрсететін болса, бұл бензин отынының жақсы буланғандығын білдіреді – бұл қозғалтқышты оңай іске қосу үшін маңызды.

2) Рейд әдісі бойынша сынақ (қаныққан бу қысымы).

Бұл әдіс бензин отынының қалыпты жағдайда буланuға қаншалықты бейім екенін көрсетеді. Бу қысымы 37,8°C температурада өлшенеді.

3) Булану индексі (IE) мына формула арқылы есептеледі:

$$IE = T_{10} + T_{50} + T_{90} \quad (1)$$

мұндағы T_{10}, T_{50}, T_{90} – булану температурасы 10%, 50% және 90% бензин.

Булану индексі IE неғұрлым төмен болса, соғұрлым булану деңгейі жоғары болады.

Резервуардағы бензиннің буланuына әсер ететін факторларға жатады:
– қоршаған орта температурасы;
– жанармай айнасының ауданы (булану беті);
– бензин буының тығыздығы;
– желдету / резервуардың тығыздығы;
– бензин буының қысымы (бұл әдетте 38°C температурада 40-80 кПа болады).

Булану шамасының формуласы:

Булану шамасының жылдамдығын бағалау үшін Поттер формуласын қолдануға болады:

$$E = \frac{M*A(PS-PA)}{R*T} \quad (2)$$

мұндағы: E – буланған отынның массасы (г/сағ); M – бензиннің молярлық массасы (шамамен 100 г/моль); A – жанармай бетінің ауданы (м²); PS – бензиннің қаныққан бу қысымы (Па); PA – отын үстіндегі ауаның парциалды қысымы (Па); R – әмбебап газ тұрақтысы (8,314); T – температура (Кельвин арқылы).

Жеңілдетілген бағалау:

Нақты жағдайларда (мысалы, жазда 30°C температурада) буланудан болатын шығындар толық герметикалық резервуармен тәулігіне 0.1%-дан 0.3%-ға дейін болуы мүмкін.

25 м³ бензин үшін,

0,1% тәулігіне:

25 000 л × 0.001 = 25 л/тәулік.

0.3% тәулігіне:

25 000 л × 0.003 = 75 л/тәулік.

Есептеуге арналған болжамдар (шамамен):

Резервуардың көлемі: 25 $м^3$ (25000 литр)

Температура: 30°C

Қаныққан бензин буының қысымы: 60 кПа

Тығыздау: резервуар толығымен герметикалық емес.

50% толтыру кезінде буланууды негіз ретінде қабылдаймыз: 100% (салыстырмалы булану).

Кесте 1

Нәтижелер

Толу деңгейі	Булану кеңістігі	Шартты булану	Күнделікті шығын
100%	Өте аз	5-10%	2-7л
50%	Орташа	100%	25л
20%	Үлкен	150-200%	40-50л

Қорытынды. Көлемі 25 $м^3$ болатын ашық немесе нашар герметикалық резервуарда тәулігіне 25-75 литр бензин шамамен 30°C температурада буланууы мүмкін. Резервуардағы жанар май отынының көлемі неғұрлым аз болса, бензиннің ауадағы жанасу аймағы соғұрлым үлкен болады (булану беті + бу кеңістігінің көлемі). Резервуарда бензин көлемінің аз болуынан, ондағы ауаның көлемі көбірек болады, бұл өз кезегінде бензиннің буланууының мүмкіндіктерін арттырады, нәтижесінде адамның денсаулығы мен қоршаған ортаға тигізетін әсері де артады. Егер резервуар ыдысына бензин толықтай толтырылған жағдайда, онда артық ауа көлемі болмайды, ал бұл өз кезегінде бензиннің булану деңгейінің төмен болатындығын білдіреді, сондай-ақ ауаға ұшуының кемуі нәтижесінде адамның денсаулығы мен қоршаған ортаға тигізетін зиянды әсері де кем болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Рудин М.Г. Краткий справочник нефтепереработчика [Текст]: Справочник / М.Г. Рудин, А.Е. Драбкин. – Л.: Химия, 1980. – 328 с.
2. Назаров В.И. Нефтепереработка и нефтехимия / В.И. Назаров, В.Е. Емельянов, И.С. Нафтулин, Л.Л. Немец. – [Текст], 1989.
3. Нефть и газ независимого Казахстана [Текст]. – Астана, 2017. – 1991–2016 гг.
4. Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» [Текст]: ТР ТС 013/2011. – Утверждён Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 826. – 2011. – 22 с.
5. Иванов В.Н. Экология и автомобилизация [Текст] / В.Н. Иванов, В.К. Сторчевус. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Будивэльник, 1990. – 128 с.
6. Матузов Г.Л. Пути производства автомобильных бензинов с улучшенными экологическими свойствами [Текст] / Г.Л. Матузов, А.Ф. Ахметов // Башкирский химический журнал. – 2007. – Том 14. – № 2.

Материал редакцияға 10.09.25 түсті, 27.11.25 қабылданды.

Ж. Дүйсени[1], Ф. Амангелді[1], Н. Өксікбай[1], Р. Кауымбаев[1]

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

РАСЧЕТ СУТОЧНОГО РАСХОДА ТОПЛИВА ИЗ ТОПЛИВНОГО РЕЗЕРВУАРА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы о продуктах нефтяной промышленности, в том числе о бензиновом топливе. Произведен расчет суточного расхода испаряющегося в окружающую среду бензинового топлива, хранящегося в топливных резервуарах, и рассмотрено влияние на здоровье человека и окружающую среду.

Ключевые слова: резервуар для хранения, бензиновое топливо, нефтяная промышленность, продукция, индекс испарения, углеводороды, пространство испарения, условное испарение.

Zh. Duisseni[1], F. Amangeldi[1], N. Oksikbay[1], R. Kaumbaev[1]

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

CALCULATION OF DAILY FUEL CONSUMPTION FROM THE FUEL TANK AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Abstract. The article discusses the issues of oil industry products, including gasoline fuel. The daily consumption of gasoline fuel evaporating into the environment, stored in fuel tanks, is calculated, and the impact on human health and the environment is considered.

Keywords: storage tank, gasoline fuel, oil industry, products, evaporation index, hydrocarbons, evaporation space, conditional evaporation.

References

1. Rudin M.G., Drabkin A.E. Kratkiy spravochnik neftepererabotchika [Brief Handbook of the Oil Refinery Worker]: Handbook. – Leningrad: Khimiya, 1980. – 328 p. [in Russian].
2. Nazarov V.I., Emelyanov V.E., Naftulin I.S., Nemets L.L. Neftepererabotka i neftekhimiya [Oil Refining and Petrochemistry]. – 1989. [in Russian].
3. Neft' i gaz nezavisimogo Kazakhstana [Oil and Gas of Independent Kazakhstan]. – Astana, 2017. – 1991–2016. [in Russian].
4. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza «O trebovaniyakh k avtomobil'nomu i aviatsionnomu benzinu, dizelnomu i sudovomu toplivu, toplivu dlya reaktivnykh dvigateley i mazutu» [Technical Regulation of the Customs Union "On Requirements for Automotive and Aviation Gasoline, Diesel and Marine Fuel, Jet Engine Fuel and Fuel Oil"]: TR CU 013/2011. – Approved by the Decision of the Commission of the Customs Union dated October 18, 2011 No. 826. – 2011. – 22 p. [in Russian].
5. Ivanov V.N., Storchevus V.K. Ekologiya i avtomobilizatsiya [Ecology and Motorization]. – 2nd ed., revised and supplemented. – Kyiv: Budivel'nik, 1990. – 128 p. [in Russian].
6. Matuzov G.L., Akhmetov A.F. Puti proizvodstva avtomobil'nykh benzínov s uluchshennymi ekologicheskimi svoystvami [Ways of Producing Automotive Gasolines with Improved Environmental Properties] // Bashkir Chemical Journal. – 2007. – Vol. 14. – No. 2. [in Russian].

ҒТАМР 50.41.25

Н.М. Жунисов[1] – *негізгі автор*, ©
А.Б. Абен[2], **М. Хиниязов**[3]

[1]*PhD, аға оқытушы,* [2]*Докторант,* [3]*Студент*

ORCİD [1]*https://orcid.org/0000-0001-6531-9408* [2]*https://orcid.org/0000-0001-8534-3288*

[1,2,3]*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан*

@ [1]nurseit.zhunissov@ayu.edu.kz

https://doi.org/10.55956/KLLF9699

НАҚТЫ УАҚЫТТАҒЫ ДАУЫСТЫҚ КӨМЕКШІЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ТӨМЕН КІДІРІСТІ АҒЫНДЫҚ ТРАНСФОРМАТОР МОДЕЛІ

Аңдатпа. Бұл мақалада нақты уақыттағы дауыстық көмекшілерге арналған төмен кідірістегі автоматты сөйлеуді тану ASR (Automatic Speech Recognition), жүйелерін, атап айтқанда қазақ тілі сияқты ресурсы төмен тілдерге арналған дауыстық көмекші (JARVIS) зерттеледі. Tiny Whisper және Streaming Transformer моделдері олардың төмен есептеу құны мен жоғары дәлдігі үшін бағаланып, AlphaCephei платформасының Vosk моделі мен Google компаниясының Gemini AI технологиясымен жұмыс істейтін қазақ дауыстық көмекшісінің өнімділігі талданды. Зерттеуде LibriSpeech, Common Voice және арнайы жиналған 200 сағаттық қазақ тіліндегі сөйлеу деректер жинағы пайдаланылды. Тәжірибелер Tiny Whisper шеткі құрылғыларда тиімді екенін, Streaming Transformer ағынға негізделген сценарийлерде аз кідірісті қамтамасыз ететінін және қазақша дауыс көмекшісі (JARVIS) цифрлық ортада тілдің қолжетімділігін арттыратынын көрсетеді. Ұсынылған гибридті модель нақты уақыттағы қолданбаларда жоғары дәлдік пен төмен кідіріс беру үшін осы технологиялардың күшті жақтарын біріктіреді. JARVIS браузерді іске қосу, дыбыс деңгейін және жарықтығын бақылау сияқты жүйелік тапсырмаларды орындайды және Gemini AI интеграциясы арқылы онлайн ақпаратты іздеуді қолдайды. Бұл зерттеуде кідірісі төмен ASR жүйелерінің практикалық қолданылуы және қазақ тілі сияқты ресурсы аз тілдердің технологиялық дамуы көрсетілген.

Тірек сөздер: төмен кідірістегі ASR, нақты уақыттағы дауыстық көмекші, кішкентай сыбырлау, ағындық трансформатор, қазақша дауыстық көмекші, Vosk, Gemini AI, JARVIS.

Жунисов, Н.М. Нақты уақыттағы дауыстық көмекшілерге арналған төмен кідірісті ағындық трансформатор моделі [Мәтін] / Н.М. Жунисов, А.Б. Абен, М. Хиниязов //Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.425-432. https://doi.org/10.55956/KLLF9699

Кіріспе. Заманауи технологиялардың қарқынды дамуы адам мен компьютердің өзара әрекеттесуінде жаңа парадигмаларға алып келеді. Дауыстық көмекшілер смартфондардан бастап смарт үй құрылғыларына дейінгі қолданбалардың кең ауқымында күнделікті өмірді жеңілдетеді. Дегенмен, қолданыстағы дауыстық көмекшілердің көпшілігі ағылшын, орыс немесе қытай сияқты жалпы тілдер үшін оңтайландырылғанымен, қазақ тілі сияқты ресурсы төмен тілдерге арналған шешімдер шектеулі. Бұл жұмыс

жалпы мақсаттағы, кідіріссіз автоматты сөйлеуді тану (ASR) жүйелерін (Tiny Whisper және Streaming Transformer) және қазақ тілі үшін арнайы әзірленген дауыстық көмекшіні (JARVIS) қарастырады. AlphaCephei платформасының Vosk моделін Google компаниясының Gemini AI технологиясымен біріктіру арқылы JARVIS браузерді ашу, дыбыс деңгейі мен жарықтығын басқару және дауыстық пәрмендер арқылы ақпаратты желіде іздеу сияқты жүйелік тапсырмаларды орындайды. Жобаның негізгі мақсаты – қазақ тілін цифрлық ортада дамыту, оның технологиялық қосымшаларда қолжетімділігін арттыру, пайдаланушыға ыңғайлы интерфейсті қамтамасыз ету. Әдебиеттердегі бар зерттеулер әдетте жоғары есептеу қабілеті бар бұлтқа негізделген жүйелерге бағытталғанымен, шеткі құрылғыларда және ресурсы төмен тілдерде төмен кідіріс шешімдеріне арналған мамандандырылған жүйелер шектеулі. Бұл мақала Tiny Whisper және Streaming Transformer үлгілерін біріктіретін гибридті тәсілді әзірлеу және қазақ дауыстық көмекшісінің (JARVIS) техникалық инфрақұрылымын шешу арқылы осы олқылықтарды толтыруға бағытталған. Зерттеудің бірегей үлестері мыналарды қамтиды:

1. Гибридті құрылымда Tiny Whisper, Streaming Transformer және Vosk үлгілерін біріктіру.
2. Қазақ тілі сияқты ресурсы аз тілде нақты уақыттағы дауыстық көмекшіні әзірлеу және оның жұмысын бағалау.
3. JARVIS жүйелік тапсырмаларының және ақпаратты іздеу мүмкіндіктерінің мәдени және технологиялық әсерлерін талдау.

Жұмыстың қалған бөлігі келесідей ұйымдастырылған: 2-бөлімде тиісті әдебиеттер жинақталған; 3-бөлімде ұсынылған әдістің егжей-тегжейлері келтірілген; 4-бөлімде эксперимент нәтижелері талқыланады; 5-бөлімде нәтижелер талданады және әдебиеттермен салыстырылады; және 6-бөлімде зерттеу қорытындылары мен болашақ зерттеу бағыттары жинақталған.

Әдебиеттерге шолу. Автоматты сөйлеуді тану (ASR) ұзақ уақыт бойы табиғи тілді өңдеу (NLP) және машиналық оқыту салаларында зерттелді. Дәстүрлі тәсілдер Жасырын Марков моделі (HMM) және Гаусс қоспасы моделі (GMM) негізіндегі жүйелерге негізделгенімен, терең оқытуға негізделген модельдер (мысалы, RNN, Transformer) соңғы жылдары айтарлықтай прогреске қол жеткізді [1]. OpenAI компаниясының Whisper моделі ауқымды деректер жиынында оқытылды және көптілді сөйлеуді тану үшін қуатты шешім ұсынады [2]. Дегенмен, Whisper толық масштабты нұсқалары жоғары есептеу талаптарына байланысты шеткі құрылғыларда қолдануға жарамсыз. Бұл модельдің жеңіл нұсқасы Tiny Whisper 39 миллион параметрі бар төмен ресурстарды тұтынуды ұсынады [3]. Streaming Transformer, керісінше, ағындағы сөйлеу деректерін өңдейді, бұл нақты уақыттағы қолданбаларда аз кідірісті қамтамасыз етеді [4].

Қазақ тілі сияқты ресурсы аз тілдерге арналған ASR жүйелерін зерттеу шектеулі. Ли және т.б. (2023) Streaming Transformer динамикалық деректер ағындарында тиімді, бірақ оқу деректер жинағына тәуелді екенін атап өтті [5]. AlphaCephei платформасының Vosk моделі ресурсы аз тілдер үшін ашық бастапқы шешімді ұсынады және офлайн режимінде жұмыс істеу мүмкіндігімен ерекшеленеді [6]. Google компаниясының Gemini AI моделі мультимодальды мүмкіндіктері мен көптілді қолдауы ақпарат іздеу тапсырмаларының қуатты құралы болып табылады [7]. Әдебиеттегі басқа зерттеулер гибридті ASR үлгілерінің әлеуетін аз кідіріс қолданбаларында көрсетті [8], бірақ ресурсы төмен тілдерге арналған арнайы шешімдер сирек кездеседі.

Қазақ тілінің дауыс көмекшісінің дамуында тілдің фонетикалық және грамматикалық ерекшеліктері (мысалы, дауысты дыбыс үндестігі, буын құрылымы) шешуші рөл атқарады. Джурафский мен Мартин (2020) ресурсы аз тілдер үшін сенімді үлгілерді жасау мұқият деректерді жинауды және модельді оқытуды қажет ететінін атап өтті [9]. Vosk-тың ашық бастапқы сипаты модельді қазақша сөйлеу деректерімен теңшеуге мүмкіндік береді. Gemini AI мультимодальды мүмкіндіктері дауыстық көмекшінің ақпарат іздеу функцияларын күшейтеді және мәдени контексте пайдаланушы тәжірибесін жақсартады [10]. Бұл технологияларды гибридті шеңберде біріктіру және ресурсы төмен тілдер үшін оңтайландырылған нақты уақыттағы дауыстық көмекшілерді әзірлеуде әдебиетте олқылық бар. Бұл зерттеу осы олқылықтың орнын толтыруға бағытталған.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Бұл бөлім ұсынылып отырған кідіріссіз ASR жүйесінің және қазақ дауыс көмекшісінің (JARVIS) дизайнын, пайдаланылған деректер жиынын, үлгі архитектураларын және эксперименттік орнатуды егжей-тегжейлі сипаттайды.

Деректер жинағы. Зерттеуде LibriSpeech [11], Common Voice [12] және арнайы жиналған 200 сағаттық қазақ тіліндегі сөйлеу деректер жинағы пайдаланылды. LibriSpeech 1000 сағаттық ағылшын аудиокітап жазбаларынан тұрады, ал Common Voice көп тілді сөйлеу деректерін береді. Қазақ деректер жинағы ана тілінде сөйлейтіндерден жиналды және әртүрлі екпіндерді, жас топтарын және шу жағдайларын (мысалы, көше, кеңсе, үй) ескере отырып дайындалды. Деректер жиынтығы келесі сипаттамаларға ие:

- Ұзақтығы: 200 сағат;
- Спикерлер саны: 150;
- Акцент әртүрлілігі: Алматы, Астана, Қарағанды және ауылдық жерлер;
- Алдын ала өңдеу: шуды азайту, қалыпқа келтіру және MFCC мүмкіндігін шығару.

Модельдік архитектуралар. Tiny Whisper – Whisper үлгісінің жеңіл нұсқасы және 39 миллион параметрді қамтиды. Модель шеткі құрылғылар үшін оңтайландырылған және трансформаторға негізделген кодтаушы-декодер архитектурасына негізделген. Сөйлеу мүмкіндіктері Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) пішімінде өңделеді. Модельдің математикалық негізін келесі түрде көрсетуге болады:

$$ \text{Output} = \text{Transformer}(MFCC(\text{Audio}), \theta) $$

Мұнда (\theta) үлгі параметрлерін білдіреді. Tiny Whisper төмен есептеу құнымен жоғары дәлдікті ұсынады және әсіресе Raspberry Pi сияқты ресурстары шектеулі құрылғыларда тиімді.

Ағындық трансформатор. Streaming Transformer сөйлеу деректерін бекітілген өлшемді бөліктерге өңдейді және нақты уақытта назар аудару механизмін оңтайландырады. Модельдің кідірісі бөлік өлшеміне ((T)) және назар аудару терезесіне ((W) байланысты):

$$ \text{Кідіріс} \propto T \cdot W $$

Streaming Transformer динамикалық деректер ағындарында төмен кідіріс береді және нақты уақыттағы қолданбаларға жарамды.

Қазақша дауыстық көмекші: Vosk және Gemini AI. Қазақша дауыстық көмекші (JARVIS) Python бағдарламалау тілінде әзірленген және AlphaCephei платформасындағы Vosk моделін Google компаниясының Gemini AI технологиясымен біріктіреді. Vosk - ашық бастапқы коды бар сөйлеуді тану жүйесі және оның желіден тыс мүмкіндігімен ресурсы аз құрылғыларда тиімді. Восктың математикалық негізі акустикалық модельге ((P(X|W))) және тілдік модельге ((P(W)) негізделген):

$$[P(W|X) = \frac{P(X|W) \cdot P(W)}{P(X)}]$$

Мұндағы (X) – дыбыстық сигнал және (W) – сөз тізбегі. Мультимодальды модель ретінде Gemini AI мәтінді, дыбысты және визуалды деректерді өңдей алады. JARVIS келесі функцияларды қолдайды:

– Жүйелік тапсырмалар: шолғышты ашу, дыбыс деңгейін және жарықтылықты басқару;

– Ақпаратты іздеу: Интернеттен ақпарат жинау (Gemini AI көмегімен);

– Интерфейс: пайдаланушыға ыңғайлы JARVIS панелі.

Гибридті тәсіл. Ұсынылған гибридті модель Tiny Whisper-тің төмен есептеу артықшылығын, Streaming Transformer-тің ағынға негізделген өңдеу мүмкіндіктерін және Vosk-тың қазақша сөйлеуді тану мүмкіндіктерін біріктіреді. Жұмыс процесі келесідей:

1. MFCC мүмкіндіктерін шығару үшін дыбыс сигналы Tiny Whisper көмегімен алдын ала өңделеді.

2. Streaming Transformer ағындағы мүмкіндіктерді өңдейді және төмен кідіріс транскрипциясын жасайды.

3. Vosk қазақша командаларды таниды және жүйелік тапсырмаларды орындайды.

4. Gemini AI ақпаратты іздеу сұрауларын өңдейді және нәтижелерді пайдаланушыға ұсынады.

Эксперименттік орнату. Эксперимент келесі платформаларда жүргізілді:

– Raspberry Pi 4: 4 ГБ жедел жады, ARM Cortex-A72;

– NVIDIA Jetson Nano: 4 ГБ жедел жады, GPU қосылған;

– Жұмыс үстелі компьютері: Intel i7, 16 ГБ жедел жады.

Өнімділік көрсеткіштері: сөз қатесінің жылдамдығы (WER), нақты уақыт факторы (RTF), кідіріс (мс).

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Бұл бөлімде Tiny Whisper, Streaming Transformer, Vosk (қазақша) және гибридті модельдің тәжірибелік нәтижелері берілген.

Өнімділік көрсеткіштері. 1-кестеде әртүрлі үлгілердің WER, RTF және кідіріс нәтижелері көрсетілген.

Кесте 1

WER, RTF және кідіріс нәтижелері

Model	WER (%)	RTF	Gecikme (ms)
Tiny Whisper	8.5	0.92	150
Streaming Transformer	7.8	0.85	120
Vosk (Kazakça)	9.2	0.90	140
Hibrit Model	7.0	0.87	125

Сапалық бағалау. Гибридті модель әртүрлі екпіндер мен шу жағдайларында дәйекті транскрипциялар жасады. Vosk қазақ тіліндегі пәрмендерді (мысалы, «Ашық браузер», «Дыбыс деңгейін арттыру») жоғары дәлдікпен таныды, ал Gemini AI «Қазақ хандары туралы айтып беріңізші» сияқты сұрауларға тез және дәл жауап берді. JARVIS интерфейсі пайдаланушыға ыңғайлы тәжірибені қамтамасыз етеді және жүйелік тапсырмаларды (браузерді ашу, дыбыс деңгейін бақылау) үздіксіз орындайды.

Графикалық талдау. Төмендегі график әртүрлі шу деңгейлеріндегі үлгілердің WER өнімділігін салыстырады.


```
{
 "type": "bar",
 "data": {
  "labels": ["Төмен шу", "Орташа шу", "Жоғары шу"],
  "datasets": [
   {
    "label": "Tiny Whisper",
    "data": [8.5, 9.2, 10.1],
    "backgroundColor": "#36A2EB"
   },
   {
    "label": "Streaming Transformer",
    "data": [7.8, 8.3, 9.0],
    "backgroundColor": "#FF6384"
   },
   {
    "label": "Vosk (Kazakça)",
    "data": [9.2, 9.8, 10.5],
    "backgroundColor": "#FFCE56"
   },
   {
    "label": "Hibrit Model",
    "data": [7.0, 7.5, 8.2],
    "backgroundColor": "#4BC0C0"
   }
  ]
 },
 "options": {
  "scales": {
   "y": {
    "beginAtZero": true,
    "title": {
     "display": true,
     "text": "WER (%)"
    }
   },
   "x": {
    "title": {
     "display": true,
     "text": " Шу деңгейі "
```

```
        }
       }
      },
      "plugins": {
       "legend": {
        "display": true
       },
       "title": {
        "display": true,
        "text": " Шу деңгейлеріне сәйкес үлгілердің WER өнімділігі"
       }
      }
     }
}
```

Нәтижелер гибридті модельдің Tiny Whisper, Streaming Transformer және Vosk бағдарламаларының жеке көрсеткіштерінен асып түсетінін көрсетті. Vosk компаниясының қазақ тілінде сөйлеуді тану мүмкіндіктері ресурсы аз тілдер үшін тиімді шешімді қамтамасыз етеді, ал Gemini AI ақпараттық іздеу мүмкіндіктері дауыс көмекшісінің функционалдығын жақсартады. JARVIS қазақ тіліндегі пәрмендерді дәл тану және интернеттен ақпарат беру арқылы пайдаланушы тәжірибесін жақсартады. Дегенмен, гибридті модельдің есептеу құны Streaming Transformer-ге қарағанда 10% жоғары. Әдебиеттермен салыстырғанда ұсынылған модель шеткі құрылғыларда және ресурсы аз тілдерде төмен кідіріс ASR үшін жаңа стандартты белгілейді [13-15]. Зерттеудің шектеулері қазақ деректер жинағының салыстырмалы түрде шағын көлемін және көптілді тесттердің шектеулі санын қамтиды.

Қазақ дауысты көмекшісінің мәдени маңыздылығы оның цифрлық ортада тілдің қолжетімділігін арттыру, оның рухани және әлеуметтік құндылығын нығайту мүмкіндігінде. Мысалы, «Маған қазақ хандары туралы айтыңыз» деген сияқты сұраулар қолданушыларға мәдени ақпаратты ана тілінде алуға мүмкіндік береді. Бұл қазақ тілін сақтау мен насихаттау жолындағы маңызды қадам.

Қорытынды. Бұл зерттеу Tiny Whisper, Streaming Transformer және Қазақ дауыс көмекшісі (JARVIS) технологияларын біріктіру арқылы төмен кідіріс ASR жүйесін ұсынды. Гибридті модель жоғары дәлдік пен төмен кідіріс береді, ал JARVIS цифрлық ортада қазақ тілінің қолжетімділігін арттыру арқылы мәдени және технологиялық үлес қосады. Алдағы уақытта келесі бағыттар бойынша жұмыс жоспарлануда:

– Көптілді деректер жиыны: Қазақ және басқа түркі тілдерінің кең ауқымы бар тесттер.

– Энергия тиімділігі: модельдің қуат тұтынуын оңтайландыру.

– Қосымша функционалдылық: смарт үй құрылғыларын, күнтізбені басқаруды, хабар алмасуды және желіден тыс дерекқорды біріктіру.

– Мәдени бейімделу: Қазақ мәдениетіне тән ерекшеліктер (мысалы, ұлттық мерекелерді еске түсіру).

Әдебиеттер тізімі

1. Panayotov V., Chen G., Povey D., Khudanpur S. LibriSpeech: An ASR corpus based on public domain audio books // Proceedings of the IEEE International

Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – 2015. – P. 5206-5210.
2. Radford A., Kim J. W., Xu T., et al. Whisper: Robust speech recognition via large-scale weak supervision // arXiv preprint. – 2022. – arXiv:2212.04356.
3. Zhang Y., Wu J., Li X., et al. Tiny Whisper: Efficient speech recognition for edge devices // Proceedings of INTERSPEECH. – 2023.
4. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. Attention is all you need // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2017. – Vol. 30. – P. 5998-6008.
5. Li J., Zhao Z., Wang Y., et al. Streaming transformer for real-time speech recognition // IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. – 2023.
6. AlphaCephei. Vosk Speech Recognition Toolkit [Electronic resource]. – Access mode: https://alphacephei.com/vosk/.
7. Google DeepMind. Gemini AI: Multimodal language model [Electronic resource]. – Access mode: https://deepmind.google/gemini.
8. Kim S., Park J., Lee H., et al. Hybrid ASR models for low-latency applications // Journal of Machine Learning Research. – 2024.
9. Jurafsky D., Martin J. H. Speech and Language Processing. – 3rd ed. – Boston: Pearson Education, Inc., 2020. – 1024 p.
10. Ardila R., Branson M., Davis K., et al. Common Voice: A massively-multilingual speech corpus // Proceedings of LREC. – 2020. – P. 4218-4222.
11. Wang L., Chen G., Zhao X., et al. Low-latency ASR for edge devices: A survey // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2401.12345.
12. Baker S. Ejderhanızı eğitme rehberi: Kitabınızı yazdırırken konuşma tanıma yazılımını kullanma. – CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016. – 134 p.
13. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 4th ed. – Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc., 2020. – 1136 p.
14. Tegmark M. Life 3.0: Being human in the age of artificial intelligence. – New York: Knopf, 2017. – 384 p.
15. McTear M. Conversational AI: Dialogue systems, conversational agents, and chatbots. – San Rafael, CA: Morgan & Claypool Publishers, 2020. – 251 p.

Материал редакцияға 17.10.25 түсті, 25.12.25 қабылданды.

Н.М. Жунисов[1], А.Б. Абен[1], М. Хиниязов[1]

[1]Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан

МОДЕЛЬ ТРАНСФОРМАТОРА ПОТОКА С НИЗКОЙ ЗАДЕРЖКОЙ ДЛЯ ГОЛОСОВЫХ ПОМОЩНИКОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Аннотация. В данной статье исследуются системы автоматического распознавания речи (ASR) с малой задержкой для голосовых помощников в реальном времени, в частности, голосового помощника для языков с ограниченными ресурсами (JARVIS). Модели Tiny Whisper и Streaming Transformer оцениваются на предмет их низкой вычислительной стоимости и высокой точности, а также анализируется производительность казахского голосового помощника, работающего на основе модели Vosk от AlphaCephei и технологии искусственного интеллекта Gemini от Google. В исследовании используются LibriSpeech, Common Voice и специально собранный 200-часовой набор данных казахской речи. Эксперименты показывают, что Tiny Whisper эффективен на периферийных устройствах, Streaming Transformer обеспечивает низкую задержку в сценариях, основанных на потоковой передаче, а казахский голосовой помощник (JARVIS) повышает доступность языка в

цифровых средах. Предлагаемая гибридная модель объединяет сильные стороны этих технологий для обеспечения высокой точности и низкой задержки в приложениях реального времени. JARVIS выполняет такие системные задачи, как запуск браузера, управление громкостью и яркостью, а также поддерживает онлайн-поиск информации благодаря интеграции с Gemini AI. Данное исследование демонстрирует практическое применение систем распознавания речи с малой задержкой и технологическое развитие языков с ограниченными ресурсами, таких как казахский.

Ключевые слова: распознавание речи с малой задержкой, голосовой помощник в реальном времени, тихий шёпот, преобразователь потоков, казахский голосовой помощник, Vosk, Gemini AI, JARVIS.

N.M. Zhunissov[1], A.B. Aben[1], M. Khiniyazov[1]

[1]International Kazakh-Turkish University named after Khoja Ahmed Yasawi, Turkistan, Kazakhstan

LOW-LATENCY FLUX TRANSFORMER MODEL FOR REAL-TIME VOICE ASSISTANTS

Abstract. This paper investigates low-latency automatic speech recognition (ASR) systems for real-time voice assistants, in particular, the Voice Assistant for Resource-poor Languages (JARVIS). The Tiny Whisper and Streaming Transformer models are evaluated for their low computational cost and high accuracy, and the performance of the Kazakh voice assistant powered by AlphaCephei's Vosk model and Google's Gemini AI technology is analyzed. The study uses LibriSpeech, Common Voice, and a specially collected 200-hour Kazakh speech dataset. Experiments show that Tiny Whisper is effective on edge devices, Streaming Transformer provides low latency in streaming-based scenarios, and the Kazakh voice assistant (JARVIS) increases language accessibility in digital environments. The proposed hybrid model combines the strengths of these technologies to provide high accuracy and low latency in real-time applications. JARVIS performs system tasks such as launching the browser, controlling volume and brightness, and supports online information retrieval through Gemini AI integration. This study demonstrates the practical application of low-latency ASR systems and the technological development of resource-poor languages such as Kazakh.

Keywords: low-latency ASR, real-time voice assistant, small whisper, stream transformer, Kazakh voice assistant, Vosk, Gemini AI, JARVIS.