



Korkyt Ata University
Since 1997

ТЕХНИКА
ғылымдары және
ТЕХНОЛОГИЯ

ISSN 2959-8311 (print)
ISSN 3006-1733 (online)
№2, (14)
2026

ТЕХНИКА ҒЫЛЫМДАРЫ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯ



ISSN 2959-8311 (print)
ISSN 3006-1733 (online)

ТЕХНИКА ҒЫЛЫМДАРЫ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯ

№ 2 (14), 2026

2023 жылдан бастап шығады
Выходит с 2023 года
Founded in 2023

Жылына төрт рет шығады
Выходит четыре раза в год
Issued quarterly

**Қызылорда/Қызылорда/Kyzylorda
2026**

Редакция алқасы

- | | | |
|------------------|---|---|
| Таңжарықов П.Ә. | - | ғылыми редактор, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан Республикасы |
| Бисенов Қ.А. | - | техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР Ұлттық ғылым академиясының академигі, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан Республикасы |
| Астанакулов К.Д. | - | техника ғылымдарының докторы, профессор, «Ташкент ирригация және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты» Ұлттық зерттеу университеті, Өзбекстан Республикасы |
| Гильманшин Р. И. | - | техника ғылымдарының кандидаты, доцент, А.Н.Туполев атындағы Қазан ұлттық техникалық зерттеу университеті, Ресей Федерациясы |
| Монтаев С.А. | - | техника ғылымдарының докторы, профессор, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Қазақстан Республикасы |
| Удербаяев С.С. | - | техника ғылымдарының докторы, доцент, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан Республикасы |
| Темирбек А. | - | жауапты хатшы, PhD, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан Республикасы |

Редакционная коллегия

- | | | |
|------------------|---|--|
| Танжарықов П.А. | - | научный редактор, кандидат технических наук, доцент, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан |
| Бисенов К.А. | - | доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан |
| Астанакулов К.Д. | - | доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Республика Узбекистан |
| Гильманшин И.Р. | - | кандидат технических наук, доцент, Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева, Российская Федерация |
| Монтаев С.А. | - | доктор технических наук, профессор, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Республика Казахстан |
| Удербаяев С.С. | - | доктор технических наук, доцент, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан |
| Темирбек А. | - | ответственный секретарь, PhD, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан |

Editorial Board

- | | | |
|------------------|---|---|
| Tanzharykov P.A. | - | executive editor, Candidate of technical sciences, associate professor, Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan |
| Bisenov K.A. | - | Doctor of technical sciences, professor, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan |
| Astanakulov K.D. | - | Doctor of technical sciences, professor, "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University, Republic of Uzbekistan |
| Gilmanshin I.R. | - | Candidate of technical sciences, associate professor, Kazan National Technical Research University named after A.N. Tupolev, Russian Federation |
| Montayev S.A. | - | Doctor of technical sciences, professor, Zhangir Khan Agrarian-Technical University of West Kazakhstan, Republic of Kazakhstan |
| Uderbayev S.S. | - | Doctor of technical sciences, associate professor, Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan. |
| Temirbek A. | - | executive Secretary, PhD, Korkyt Ata Kyzylorda University, Republic of Kazakhstan |

Баспа атауы – «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті»

Баспа адресі – индекс 120014, Әйтеке би, 29А, Қызылорда қ., Қазақстан Республикасы

Наименование издателя – «Кызылординский университет имени Коркыт Ата»

Адрес издателя – индекс. 120014, ул Айтеке би, 29А, г.Кызылорда, Республика Казахстан

Name of the publisher – «Kyzylorda university named after Korkyt Ata»

The publisher's address is an index. 120014, Aiteke bi street, 29A, Kyzylorda, Republic of Kazakhstan

АВТОМОБИЛЬ ШИНАСЫ ҮГІНДІЛЕРІН АСФАЛЬТТЫ-БЕТОН ҚҰРАМЫНА ҚОСУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Удербает С.С., техника ғылымдарының докторы

Saken_uderbayev@korkyt.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4492-8364>

Ишанғали А.Б., 7M07366 – Құрылыс материалдарын, бұйымдары мен конструкцияларын өндіру

БББ-ның 1-курс магистранты

ajymzan257@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-9610-7595>

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

Аннотация. Бұл мақалада резеңке үгіндісі мен модификацияланған асфальтбетонның физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттері зерттелген. Қазіргі жол құрылысы саласында автокөлік қозғалысының қарқындылығының артуы және ауыр жүк көліктерінің үлесінің көбеюі дәстүрлі асфальтбетон жабындарының тез тозуына әкелуде. Сонымен қатар, пайдаланылған автомобиль шиналары экологиялық тұрғыдан қауіпті қалдықтардың қатарына жатады. Осыған байланысты қалдық шиналарды қайта өңдеу және оларды жол-құрылыс материалдарына пайдалану өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеу барысында БНД 60/90 маркалы битум, минералды толтырғыштар және қалдық автомобиль шиналарынан алынған резеңке үгінділері қолданылды. Асфальтбетон қоспаларына 0%, 5%, 10% және 15% мөлшерде резеңке үгінділері қосылып, Маршалл әдісі бойынша зертханалық сынақтар жүргізілді. Зерттеу нәтижелері резеңке үгінділерін қолдану асфальтбетонның Маршалл тұрақтылығын, жоғары температурада деформацияға төзімділігін және су әсеріне тұрақтылығын арттыратынын көрсетті. Ең тиімдікөрсеткіштер 5–10% резеңке үгіндісі бар үлгілерде байқалды. Резеңке қалдықтарының көп бөлігі полигондарда жиналып, ондаған жылдар бойы ыдырамайтындықтан, қоршаған ортаға елеулі зиян тигізетінін байқаймыз.

Жүргізілген зерттеу резеңке үгіндісімен модификацияланған асфальтбетонды жол құрылысы тәжірибесінде қолданудың техникалық, экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімді екенін дәлелдейді.

Тірек сөздер: асфальтбетон, резеңке үгіндісі, модификацияланған битум, Маршалл тұрақтылығы, жолжабыны.

Кіріспе. Өндіріс орындарының қатарының көбеюі еліміздің тұрғындары үшін оң әсерін береді. Алайда, өндіріс орындарынан қалып жатқан ірі қалдықтар көлемі олардың денсаулық жағдайына, өмір салтына және қоршаған ортаға өз теріс әсерін беруде. Техногендік шикізаттардың жағымсыз әсерлерін атап айтар болсақ, айналасына улы заттар бөлуі, адамдардан басқа тіршілік иелерін жойып жіберуге қабілетті, биосфераға патологиялық әсерлері, су жүйелеріне де залал кетіреді. Бұл жағдайлардың қатарын азайтуда тиімді шешімі – оларды екінші қайта өндіріске қосу [1].

Қазақстанда жүргізілген соңғы статистикаларға сүйенсек, барлық өндіріс қалдықтары 16,5 млрд тонна (2021 ж.) құрайды. Олардың қауіпті/қауіпсіз қалдықтары – 2,8/13,7 екені көрсетілді. Ал осы қалдықтарды игеру көрсеткіші – 11% - ды құрайды. Бұл статистикалық көрсеткіштер қалдық түрлерін өндіріске қосу керек екенін тағы бір еске салады.

Техногендік қалдықтар шығарушылар ретінде өнеркәсіп орындары, энергетика, металлургия, тау-кен өндірістері, мұнай-газ және химия салалары көрсетіледі. Статистикада көрсетілген көрсеткіштер қай өндіріс орындарынан екенін нақтылап көрсетпейді [2].

Қызылорда қаласы – ҚР оңтүстік-батысындағы әкімшілік, әлеуметтік-экономикалық және мәдени орталықтарының бірі. Қаланың экологиялық жағдайын жақсарту үшін соңғы 2024 жылғы сандық көрсеткіштер бойынша алғашқы 9 ай көлемінде

227 мың тонна өндірістік қалдық жиналған. Олардың игерілуі немесе дұрыс жойылған мөлшері шамамен 30% -ы ғана жойылды.

Материалдар мен әдістер. Асфальтты бетон – автомобиль тораптарының, әуе көліктерінің және барлық көшелердің негізгі жабынды материалы екені белгілі. Асфальтты бетонның сапалық деңгейі көліктердің қозғалысы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, тасымал уақытын, көлік шығынын, апаттар және жарақаттарды азайтуға, аймақтар арасындағы байланысты және мобильділікті арттырады. Демек, асфальтты бетонның қала ішілік және қала маңында инфрақұрылымдық, экономикалық және әлеуметтік маңызы зор екені анық. Асфальтты бетонның осы аталған салалар бойынша маңызы 1-диаграммада көрсетілген [3-4].

Асфальтты бетон технологиясында автомобиль үгінділерін пайдалану – бұл инновациялық шешім, ол экологиялық және экономикалық тиімділікке бағытталған. Бұл технология автомобиль шиналарының қалдықтарын қайта өңдеу арқылы асфальтобетон қоспасына криолитті немесе ұнтақ тәрізді резинді қосуға негізделген.

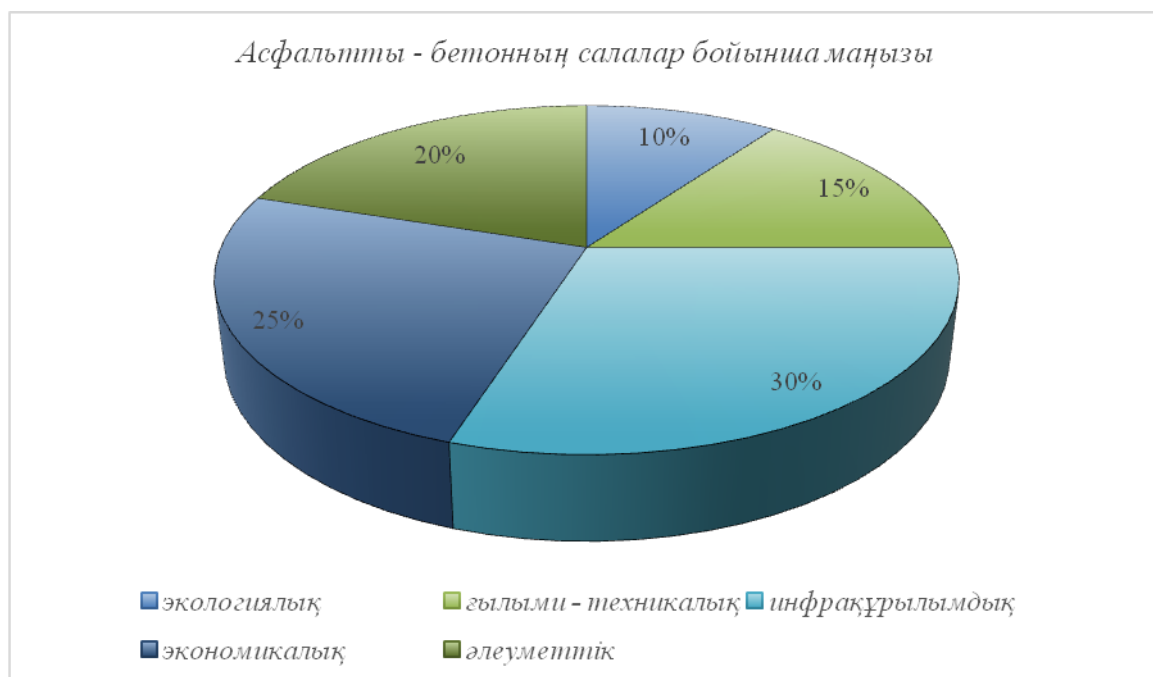
Автомобиль үгінділерін пайдаланудың негізгі артықшылықтары:

Қалдықтарды утилизациялау. Автомобиль шиналарының қалдықтарын қайта өңдеу қоршаған ортаны лағайтын қалдықтардың көлемін азайтуға мүмкіндік береді.

Ресурстарды үнемдеу. Автомобиль үгінділерін асфальтобетон қоспасында пайдалану табиғи ресурстарды үнемдеуге және олардың сарқылуын бәсеңдетуге ықпал етеді.

Асфальтты бетонның қасиеттерін жақсарту. Автомобиль үгінділері асфальтобетонның беріктігін, төзімділігін, жарыққа және температуралық өзгерістерге төзімділігін арттырады.

Асфальтты бетон технологиясында автомобиль үгінділерін пайдалану Қазақстанның экологиялық және экономикалық дамуына үлес қосатын перспективалы бағыт болып табылады, өйткені ол қалдықтарды қайта өңдеу, ресурстарды үнемдеу және жол инфрақұрылымының сапасын жақсарту мәселелерін шешуге мүмкіндік береді [5].



1-диаграмма – Асфальтты-бетонның салалар бойынша маңызы

Асфальтты-бетонның қажеттіліктерін толтыру барысында бірқатар қиыншылықтар туындауы қалыпты. Себептері ретінде келесі факторларды қарастыруға болады:

- техникалық кемшіліктері: температура өзгерістеріне сезімталдығы – жаз мезгілінде жұмсаруы, қыс мезгілінде – морт сынуы. Нәтижесінде қызмет ету мерзімі қысқарады. Орта есепте 7-10 жылды ғана құрайды;

– экологиялық кемшіліктері: өндіріс кезінде ауаға зиянды заттардың бөлінуі, қалдықтар жиналуы, негізгі байланыстырғышы битум – мұнайға тікелей қатысты өнім;

– экономикалық көрсеткіштері: жоғары энергия шығыны – қоспа өндірісі үшін шамамен 120-160°C температура қажет, бұл отын мен электр энергиясын қажет етеді, импортқа тәуелділік – құрамының күрделі қоспалары іргелес елдерден тасымалданады.

Зерттеу жұмыстарында резеңке үгінділері жол құрылыс материалдарына қосу қарастырылды. Басты мақсаты – асфальтты-бетон құрамында автомобиль шиналарының үгінділерін пайдалану арқылы материалдың физика-механикалық қасиеттеріндегі өзгерістерді анықтау [6].

Нәтижелер оларды талқылау. Қазіргі таңда жол құрылысында экологиялық және экономикалық тиімді технологияларды қолдану өзекті мәселе болып отыр. Бұл әдіс тек қалдық шиналарды өндіріске жаратып қана қоймай, жол жабындарының сапасы мен ұзақ мерзімділігін арттырады.

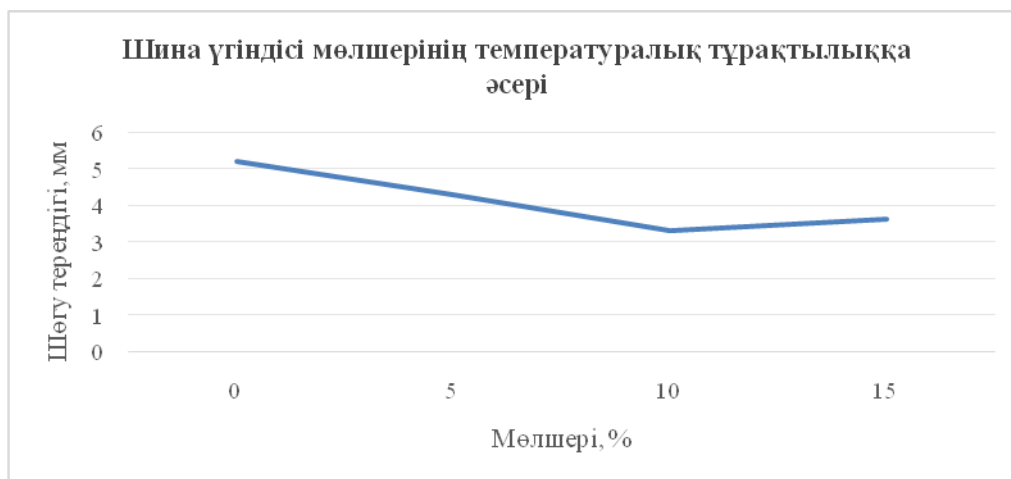
10% көлемінде үгінді қосу қоспаның: маршалл тұрақтылығын, су әсеріне төзімділігін, температура тұрақтылығын, жарыққа төзімділігін ең жақсы деңгейге арттырды.

15% - дан жоғары қосу қоспаның құрылымына теріс әсер етуі мүмкін. Зерттеудегі нәтижелік көрсеткіштер 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте – Шина үгіндісі мөлшерінің физика-механикалық қасиеттерге әсері

Үлгі	Үгінді мөлшері, %	Маршалл тұрақт., kN	Тығыздық, г/см ³	Кеуектілік, %
A	0	10,8	2,34	3,4
B	5	12,2	2,33	3,7
C	10	13,6	2,31	4,1
D	15	12,9	2,28	4,8

2-диаграммада температуралық тұрақтылықтың (Wheel-tracking сынағы бойынша) өзгерісі көрсетілген. Шина үгіндісі мөлшері артқан сайын шөгу тереңдігі азайып, жол жабындысының температуралық тұрақтылығы жақсарады. 10% үгінді мөлшерінде ең жоғары тұрақтылық байқалады [7].



2-диаграмма – Шина үгіндісі мөлшерінің температуралық тұрақтылыққа әсері

Мақалада Қазақстандағы техногендік шикізаттарды асфальтты-бетон өндірісінде қолданудың тиімді жолдары қарастырылды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, өнеркәсіп қалдықтарын өндірісте пайдалану экономикалық, экологиялық және техникалық тұрғыдан тиімді болып табылады. Шиналар үгіндісін 10% көлемде қоспаға қосу асфальтты-бетон-

ның маршалл тұрақтылығын, су әсеріне төзімділігін, температуралық тұрақтылығын және жарыққа төзімділігін едәуір арттыра отырып, материалдың сапасын жоғарылатады [8-9].

Сонымен қатар, техногендік қалдықтарды қайта өңдеу қоршаған ортаның ластануын азайтып, қалдықтарды тиімді пайдалану арқылы тұрақты даму принциптеріне сәйкес шешім ұсынады. Алайда, үгінді мөлшері 15%-дан асқанда жол жабынының құрылымына кері әсер ету мүмкіндігі байқалады, сондықтан оңтайлы мөлшерді сақтау маңызды.

Осы зерттеу жол құрылысында экологиялық таза және экономикалық тиімді материалдарды қолданудың маңыздылығын көрсетті. Алдағы уақытта бұл бағыттағы жұмыстарды жалғастыру, жаңа технологияларды енгізу және нормативтік-құқықтық базаны жетілдіру еліміздің инфрақұрылымдық дамуына және жол жабындарының ұзақ мерзімді сапасына үлес қосатын болады.

Статистикалық негіз – қалдықтарды игеру көрсеткіштері мен нақты мысалдар: Мысалы, Қызылорда қаласында өндірістік қалдықтардың 30%-ы ғана дұрыс өңделеді, бұл көрсеткішті арттыру қажеттігі. Бұл мәлімет қоршаған ортаны қорғаудың нақты қажеттілігін көрсетеді.

Экологиялық аспектіні күшейту – қалдықтарды қолдану арқылы зиянды заттардың ауаға, суға және топыраққа әсерін азайту [10].

Экономикалық артықшылықтарды атап өту – шикізатты қайта өңдеу арқылы энергия мен шикізат шығындарын азайту, импортқа тәуелділікті төмендету.

Алдағы уақыттарда зерттеуді кеңейту: басқа техногендік қалдық түрлерін де асфальтты-бетонға қосу мүмкіндігін зерттеу. Нормативтік-құқықтық базаны жетілдіру: қалдықтарды пайдалану стандарттарын енгізу.

Жаңа технологияларды енгізу: жол жабындарының сапасын арттыру және ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету.

Бұл зерттеуде асфальтты бетон құрамына автомобиль шиналарының үгінділерін қосарқылы араласпаның физикалық-механикалық қасиеттерін жақсарту мүмкіндігі талданды. Шина үгінділері – қайта өңделген резеңке өнімдерінің түрі, олардың жол құрылысына қосылуы экологиялық, экономикалық және технологиялық жағынан тиімді екендігі қазіргі таңда көптеген зерттеулермен дәлелденіп келеді. Жұмыстың негізгі мақсаты – шина үгіндісі мөлшерінің асфальтбетонның беріктігіне, Маршалл тұрақтылығына, деформацияға қарсы тұру қабілетіне және пайдалану сипаттамаларына әсерін анықтау [11].

Эксперименттік нәтижелерге сүйенсек, резеңке үгінділерін қосу асфальтбетонның қасиеттерін белгілі бір мөлшерге дейін жақсарттады. Атап айтқанда, 5-10% аралығындағы үгінді қосылған үлгілер ең жоғары нәтижелер көрсетті. Маршалл тұрақтылығы 10% резеңке қосылған үлгіде ең жоғары деңгейге жеткені байқалды. Бұл резеңке құрамындағы эластикалық қасиеттердің асфальт құрылымына оң әсер етіп, ішкі байланыстарды нығайтатынын көрсетеді. Сонымен қатар, резеңке үгінділері қоспаны икемді ете отырып, суықта жарылуға және ыстықта шөгуге төзімділігін арттыратыны анықталды.

Зерттеу нәтижелері резеңке үгіндісі мөлшерінің асфальтбетон қасиеттеріне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. Маршалл тұрақтылығы көрсеткіші резеңке үгіндісі қосылған үлгілерде бақылау үлгісімен салыстырғанда жоғары болды. Әсіресе 10% резеңке үгіндісі бар қоспада ең жоғары тұрақтылық мәні байқалды. Бұл резеңкенің серпімді қасиеттері есебінен асфальтбетон құрылымының беріктігі артатынын дәлелдейді.

Flow көрсеткішінің артуы қоспаның икемділігінің жоғарылағанын көрсетеді. Бұл қасиет төмен температурада жарықтардың пайда болуына қарсы тұру қабілетін арттырады. Алайда резеңке мөлшері 15% болған жағдайдағы су шамасының шамадан тыс өсуі қоспаның тым жұмсақ болуына әкелуі мүмкін екені анықталды [12].

Тығыздық көрсеткіштері резеңке үгіндісі мөлшері артқан сайын аздап төмендеді, ал ауа қуыстарының көлемі керісінше артты. Бұл резеңке бөлшектерінің минералды

толтырғыштармен салыстырғанда тығыздығы төмен болуымен түсіндіріледі. Дегенмен, 5–10% аралығындағы мөлшерде бұл өзгерістер нормативтік талаптар шегінде алды.

Wheel-tracking сынағы нәтижелері резеңке үгіндісі қосылған асфальтбетонның жоғары температурада шөгуге төзімділігі артқанын көрсетті. 10% резеңке қосылған үлгілерде доңғалақ ізі тереңдігі ең төмен мәнге ие болды. Бұл қасиетауыр жүк көліктері көп жүретін жолдар үшін аса маңызды.

Су әсеріне тұрақтылықты сипаттайтын TSR көрсеткіші де резеңке үгіндісі бар үлгілерде жоғары болды. Бұл резеңке мен битум арасындағы байланыс асфальтбетон құрылымының суға төзімділігін арттыратынын көрсетеді [13].

Дегенмен, үгінді мөлшері 15% және одан жоғары болғанда, қоспаның құрылымдық тұтастығы әлсіреп, оның беріктігі төмендей бастағаны байқалды. Бұл битум мен толтырғыш арасындағы адгезияның шамадан тыс резеңке әсерінен әлсіреуіне байланысты. Яғни, резеңке мөлшерін шектен тыс көбейту асфальтты бетон құрылымын тұрақсыз етеді.

Қорытынды. Зертханалық сынақтар нәтижелері wheel-tracking көрсеткішінің де жақсарғанын көрсетті. Резеңке қосылған асфальтбетон доңғалақ ізіне байланысты деформацияға аз ұшырады, яғни жоғары температурада шөгуге төзімділігі артты. Бұл ауыр жүк көліктері жиі жүретін жолдар үшін маңызды сипаттама. Сонымен қатар, TSR (су әсеріне тұрақтылық) нәтижелері резеңке үлес салмағы артқан сайын материалдың суға төзімділігі жақсарғанын көрсетті. Бұл асфальтбетонның ұзақ мерзімді пайдалану мерзімін ұзартуға ықпал етеді.

Экологиялық тұрғыдан алғанда, автокөлік шиналарын кәдеге жарату мәселесі әлем елдерінің барлығын алаңдатып отыр. Резеңке қалдықтарының көп бөлігі полигондарда жиналып, ондаған жылдар бойы ыдырамайтындықтан, қоршаған ортаға елеулі зиян тигізеді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бұл қалдықтарды жол құрылысына пайдалану қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайтып, қайта өңдеу тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, резеңкені пайдалану минералды материалдарға сұранысты төмендетіп, табиғи ресурстарды үнемдеуге септігін тигізеді [14].

Экономикалық тұрғыдан шина үгінділерін қолдану асфальтбетон қоспасының өзіндік құнын төмендетуге әсер етеді. Себебі резеңке қалдығының бағасы көбіне минералды толтырғыштарға қарағанда әлдеқайда төмен. Жол құрылысында материалдың құнын азайта отырып, ұзақ мерзімді қызмет ету мүмкіндігі де артады.

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері автомобиль шинасы үгінділерін асфальтты бетон құрамына енгізу технологиялық тұрғыдан тиімді екенін дәлелдеді. Үгінді мөлшерін оңтайлы пайдалану (5-10%) материалдың негізгі беріктік көрсеткіштерін арттырды, оның деформацияға және су әсеріне төзімділігін жақсартты. Сонымен қатар, бұл тәсіл экологиялық және экономикалық артықшылықтар береді. Алайда резеңке үгінділерін шамадан тыс қолдану асфальтбетон беріктігін төмендететіні анықталды. Сондықтан, зерттеу нәтижелерін ескере отырып, шина үгінділерін асфальтбетон құрамында 10% шамасында пайдалану ең тиімді болып саналады. Бұл көрсеткіш жолдың қызмет ету мерзімін ұзартып, шығындарды азайтуға және экологиялық мәселелерді шешуге оң әсер етеді. Болашақ зерттеулер резеңке үгінді мөлшерін әртүрлі битум түрлерімен, модификаторлармен және жол-климаттық жағдайлармен салыстыра отырып, технологияны одан әрі жетілдіру бағытында жүргізілуі тиіс [15].

Осыған байланысты резеңке үгіндісімен модификацияланған асфальтбетонды II–III техникалық санаттағы автомобиль жолдарының жоғарғы және байланыстырушы қабаттарында қолдануды ұсынуға болады. Бұл технология жолжабындарының қызмет ету мерзімін ұзартып, жөндеу аралығын арттырады, сондай-ақ қалдық автомобиль шиналарын қайта өңдеу арқылы экологиялық жүктемені төмендетуге мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер техникалық, экономикалық және экологиялық тұрғыдан тиімді екенін дәлелдейді.

Әдебиеттер:

- [1] **Бунькин, И.Ф.** Воробьев В.А. (2001). Моделирование и оптимизация управления составом асфальтобетонных смесей. – М.: Российская инженерная академия, 2001. – 328 с.
- [2] Қазақстан Республикасы Ұлттық статистика бюросы. Қалдықтарды басқару және өңдеу: 2021–2024 жылдардағы экологиялық статистикалық жинақ. – Астана: Ұлттық статистика бюросы, 2024. – 76 б
- [3] Қазақстан Республикасының Экология, геология және табиғи ресурстар министрлігі. Қазақстан Республикасындағы экологиялық жағдай туралы ұлттық баяндама. – Астана, 2024. – 112 б.
- [4] **Қожахметов, А.Т.,** Смағұлов Е.Ж. Құрылыс материалдарының технологиясы: оқу құралы. – Алматы: Эверо баспасы, 2021. – 320 б.
- [5] **Байкенов, А.А.,** Рахимов Ж.Т. Асфальтты бетон және оны өндіру технологиясы. – Қарағанды: Қарағанды техникалық университеті баспасы, 2020. – 215 б.
- [6] **Махмұтов, А.М.** Қалдықтарды құрылыс материалдары өндірісінде пайдалану. – Алматы: Қазақ құрылыс және сәулет институты, 2019. – 178 б.
- [7] **Баймуратов, А.Ж.,** Әбдіразақов Т. Жол-құрылыс материалдары. – Алматы: ҚазҚСҚА, 2021. – 240 б.
- [8] **Дүйсембаев, А.К.** Асфальтбетон қоспаларының қасиеттері және оларды жақсарту жолдары. Оқу құралы. – Алматы, 2020. – 180 б.
- [9] **Құрманбаев, Т.,** Сайдұллаев Е. Қайта өңделген резеңке материалдарын жол құрылысында қолдану // Техникалық ғылымдар журналы, 2022. – №3. – 45-52 бб.
- [10] Битум және асфальтбетон: Материалдардың физика-механикалық сипаттамалары. Алматы: Дәуір, 2019. – 200 б.
- [11] **Әлімұлы, О.** Жол төсемдерінің төзімділігі және оларды модификациялау әдістері. Астана: ЕҰУ баспасы, 2021. – 156 б.
- [12] **Абдрахманов, Т.К.** Құрылыс материалдарын өндіру технологиясы. – Нұр-Сұлтан: Фолиант, 2020. – 360 б.
- [13] **Кенжебаев, С.М.,** Тлеубаев А.Т. Жол жабындарының беріктігі мен ұзақ мерзімділігі. – Алматы, 2017. – 198 б.
- [14] СН РК 3.03-19-2010. Автомобиль жолдары. Асфальтбетон қоспаларына қойылатын талаптар. – Астана, 2018.
- [15] **Иванов, Н.И.** Асфальтобетон и его модификация полимерами. – Москва: Стройиздат, 2016. – 280 с.

References:

- [1] **Bun'kin, I.F.** Vorob'ev V.A. (2001). Modelirovanie i optimizacija upravlenija sostavom asfal'tobetonnyh smesey /– M.: Rossijskaja inzhenernaja akademija, 2001. –328 s. [in Russian]
- [2] Qazaqstan Respublikasy Ulttyq statistika bjurosy. Qaldyqtardy basqaru zhane ondeu: 2021–2024 zhyldardagy jekologijalyq statistikalyq zhinaq. – Astana: Ulttyq statistika bjurosy, 2024. – 76 b. [in Kazakh]
- [3] Qazaqstan Respublikasynyn Jekologija, geologija zhane tabigi resurstar ministrligi. Qazaqstan Respublikasyndagy jekologijalyq zhagday turaly ulttyq bajandama. – Astana, 2024. – 112 b. [in Kazakh]
- [4] **Qozhahmetov, A.T.,** Smagulov E.Zh. Qurylys materialdarynyn tehnologijasy: oqu quraly. – Almaty: Jeverobaspasy, 2021. – 320 b. [in Kazakh]
- [5] **Bajkenov, A.A.,** Rahimov Zh.T. Asfal'tty beton zhane ony ondiru tehnologijasy. – Qaragandy: Qaragandy tehnikalyq universiteti baspasy, 2020. – 215 b. [in Kazakh]
- [6] **Mahmutov, A.M.** Qaldyqtardy qurylys materialdary ondirisinde pajdalanu. – Almaty: Qazaq qurylys zhane saulet instituty, 2019. – 178 b. [in Kazakh]
- [7] **Bajmuratov, A.Zh.,** Abdirazaqov T. Zhol-qurylys materialdary. Almaty: QazQSQA, 2021. – 240 b. [in Kazakh]
- [8] **Dujsembaev, A.K.** Asfal'tbeton qospalarynyn qasiетterі zhane olardy zhaqsartu zholdary. Oqu quraly. Almaty, 2020. – 180 b. [in Kazakh]
- [9] **Qurmanbaev, T.,** Sajdullaev E. Qajta ondelgen rezenke materialdaryn zhol Qurylysynda Qoldanu. Tehnikalyq gylymdar zhurnaly, 2022. – №3 – 45–52 bb. [in Kazakh]

- [10] Bitum zhane asfal'tbeton: Materialdardyn fizika-mehanikalyq sipattamalary. Almaty: Daur, 2019. – 200 b. [in Kazakh]
- [11] **Alimuly, O.** Zhol tosemderinin tәzimdiligi zhәne olardy modifikacijalau әdisteri. Astana: EҮU baspasy, 2021. – 156 b. [in Kazakh]
- [12] **Abdrahmanov T.K.** Qurylys materialdaryn ondiru tehnologijasy. – Nur-Sultan: Foliant, 2020. – 360 b. [in Kazakh]
- [13] **Kenzhebaev, S.M.,** Tleubaev A.T. Zhol zhabyndarynyn beriktigi men uzaq merzimdiligi. – Almaty, 2017. – 198 b. [in Kazakh]
- [14] SN RK 3.03-19-2010. Avtomobil' zholdary. Asfal'tbeton qospalaryna qojylatyn talaptar. – Astana, 2018. [in Kazakh]
- [15] **Ivanov, N.I.** Asfal'tobeton i ego modifikacija polimerami. – Moskva: Strojizdat, 2016. – 280 s [in Russian]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРОШКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В СОСТАВЕ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Удербает С.С., доктор технических наук

Ишангали А.Б., магистрант 1 курса ОП М07366 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г.Кызылорда, Казахстан

Аннотация. В данной статье исследованы физико-механические и эксплуатационные свойства асфальтобетона, модифицированного резиновой крошкой. В современных условиях дорожного строительства рост интенсивности автомобильного движения и увеличение доли тяжёлых грузовых транспортных средств приводят к ускоренному износу традиционных асфальтобетонных покрытий. Кроме того, отработанные автомобильные шины относятся к числу экологически опасных отходов. В связи с этим переработка изношенных шин и их использование в дорожностроительных материалах является актуальной задачей.

В ходе исследования использовались дорожный битум марки БНД 60/90, минеральные заполнители и резиновая крошка, полученная из отходов автомобильных шин. В состав асфальтобетонных смесей вводили 0%, 5%, 10% и 15% резиновой крошки, после чего проводились лабораторные испытания по методу Маршалла. Результаты исследований показали, что применение резиновой крошки способствует повышению маршалловской стабильности асфальтобетона, его устойчивости к деформациям при высоких температурах и водостойкости. Наиболее эффективные показатели были получены у образцов с содержанием резиновой крошки 5–10%. Следует отметить, что на свалках скапливаются огромные объёмы отработанной резины, которая не разлагается десятилетиями, нанося тем самым значительный ущерб окружающей среде.

Проведённое исследование подтверждает техническую, экономическую и экологическую целесообразность применения асфальтобетона, модифицированного резиновой крошкой, в практике дорожного строительства.

Ключевые слова: асфальтобетон, резиновая крошка, модифицированный битум, маршалловская стабильность, дорожное покрытие.

EFFECTIVENESS OF USING CRUMB RUBBER FROM AUTOMOBILE TIRES IN ASPHALT CONCRETE COMPOSITION

Uderbayev S.S., Doctor of Technical Sciences

Ishangali A., 1st-year Master's student of the educational program 7M07366 – Production of Construction Materials, Products and Structures

Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

Annotation. This article investigates the physical-mechanical and performance properties of asphalt concrete modified with crumb rubber. In modern road construction, the increase in traffic intensity and the growing share of heavy freight vehicles lead to accelerated deterioration of conventional asphalt concrete pavements. In addition, end-of-life automobile tires are classified as environmentally hazardous waste. Therefore, the recycling of worn tires and their use in road construction materials is an urgent and relevant task.

In this study, BND 60/90 grade paving bitumen, mineral aggregates, and crumb rubber obtained from waste automobile tires were used. Asphalt concrete mixtures were prepared with 0%, 5%, 10%, and 15% crumb rubber content, followed by laboratory testing using the Marshall method. The results demonstrated that the incorporation of crumb rubber enhances the Marshall stability of asphalt concrete, improves its resistance to high-temperature deformation, and increases water resistance. The most favorable performance indicators were observed in mixtures containing 5-10% crumb rubber.

The conducted research confirms the technical, economic, and environmental feasibility of using crumb rubber-modified asphalt concrete in road construction practice.

Keywords: asphalt concrete, crumb rubber, modified bitumen, Marshall stability, pavement.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В СИСТЕМЕ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Шерязов С.К., доктор технических наук, профессор
sakenu@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8795-5114>

Шелубаев М.В., кандидат технических наук
sakenu@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9738-5925>

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия

Аннотация. В работе рассматривается актуальная проблема повышения надежности и эффективности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей, обусловленная значительной протяженностью и высоким уровнем износа сельских электрических сетей. Отмечается, что существующее состояние распределительных сетей приводит к увеличению продолжительности перерывов в электроснабжении, росту потерь электроэнергии и повышению эксплуатационных затрат, особенно для удаленных потребителей малой мощности.

В связи с этим обоснована необходимость развития распределенной генерации как одного из перспективных направлений совершенствования системы электроснабжения сельского хозяйства. Особое внимание уделено использованию возобновляемых источников энергии, в частности ветроэнергетических установок, которые отличаются сравнительно низкой капиталоемкостью и высокой конкурентоспособностью по сравнению с другими видами возобновляемой энергетики.

Рассмотрены особенности применения ветроэлектрических станций в составе автономных и сетевых систем электроснабжения, а также возможности совместной работы нескольких ветроэнергетических установок для обеспечения потребителей электроэнергией. Подчеркивается, что эффективное проектирование и эксплуатация ветроэлектрических станций позволяют снизить затраты на производство и передачу электроэнергии, повысить надежность электроснабжения сельскохозяйственных объектов, сократить потери электроэнергии и обеспечить устойчивое развитие энергетической инфраструктуры сельских территорий.

Ключевые слова: ветроэлектрическая станция, электроэнергия, сплошная линия связи, мощность, снижение стоимости электроэнергии.

Введение. Большая протяженность сельских электрических сетей и их износ приводит к росту перерывов в электроснабжении сельскохозяйственных потребителей (СХП), которые превышают 75 часов в год, и ухудшает качество электроэнергии, а потери электроэнергии возросли до 25% [1]. Наибольшие потери электроэнергии, и соответственно рост удельных затрат на электроснабжение наблюдается для СХП малой мощности, удаленных от энергетических узлов.

Для устойчивого развития сельского хозяйства требуется совершенствовать систему электроснабжения. Для этого необходимо развивать собственное энергетическое хозяйство, включающее в себя распределенную генерацию (РГ) – малые электростанции, которые располагаются вблизи потребителей [2].

Развитие РГ основано на генерации электроэнергии путем сжигания органического топлива, что приводит к удорожанию электроэнергии из-за роста затрат на энергоносители. Одним из перспективных направлений РГ является использование возобновляемых источников энергии, позволяющие экономить органическое топливо. При этом из числа возобновляемой электроэнергетики, ветроэнергетические установки (ВЭУ) в настоящее время являются менее капиталоемкими и конкурентоспособными [3,4].

ВЭУ в составе РГ могут работать в системе автономного электроснабжения или параллельно с централизованной сетью с целью снижения затрат на потребляемую электроэнергию. При этом в системе РГ возможно использование нескольких ВЭУ в составе ветроэлектрической станции (ВЭС).

Материалы и методы исследования. Для эффективного электроснабжения СХП от ВЭС необходимо минимизировать затраты на выработку и передачи электроэнергии

$$C_{\text{вэс}} = C_{\text{выр}} + C_{\text{пер}} \quad (1)$$

В работе [5] представлена математическая модель целевой функции для минимизации удельных затрат на выработку электроэнергии от ВЭС. Данная модель позволяет определить количество ВЭУ, а также установленную мощность ВЭС в зависимости от ветровых условий местности и характеристики потребителя:

$$C_{\text{выр}} = \frac{a_1 \cdot K_{\text{уд.вэу1}}}{W_{\text{уд.1}}^{\text{вэу}}} x_1 + \frac{a_2 \cdot K_{\text{уд.вэу2}}}{W_{\text{уд.2}}^{\text{вэу}}} x_2 + \dots + \frac{a_i \cdot K_{\text{уд.вэу}i}}{W_{\text{уд.}i}^{\text{вэу}}} x_i \Rightarrow \min, \quad (2)$$

где $C_{\text{выр}}$ – удельные затраты на выработку электроэнергии, руб./кВт·ч; x_i – количество i -ых ВЭУ в составе ВЭС; $W_{\text{уд.вэу}i}$ – удельная выработка электроэнергии от ВЭУ, кВт·ч/м²; где a – амортизационные отчисления на реновацию и затраты на текущий ремонт ВЭУ; $K_{\text{уд.вэу}i}$ – удельные капиталовложения на ВЭУ, руб/м².

В представленной математической модели важно ограничить мощность ВЭС. Если ее принять равной расчетной нагрузке потребителя, следует ожидать излишки вырабатываемой энергии. Для полного использования вырабатываемой электроэнергии от ВЭУ, предлагается принять мощность ВЭС, равной базовой нагрузке $P_{\text{мин}}$. (рис. 1) [6].

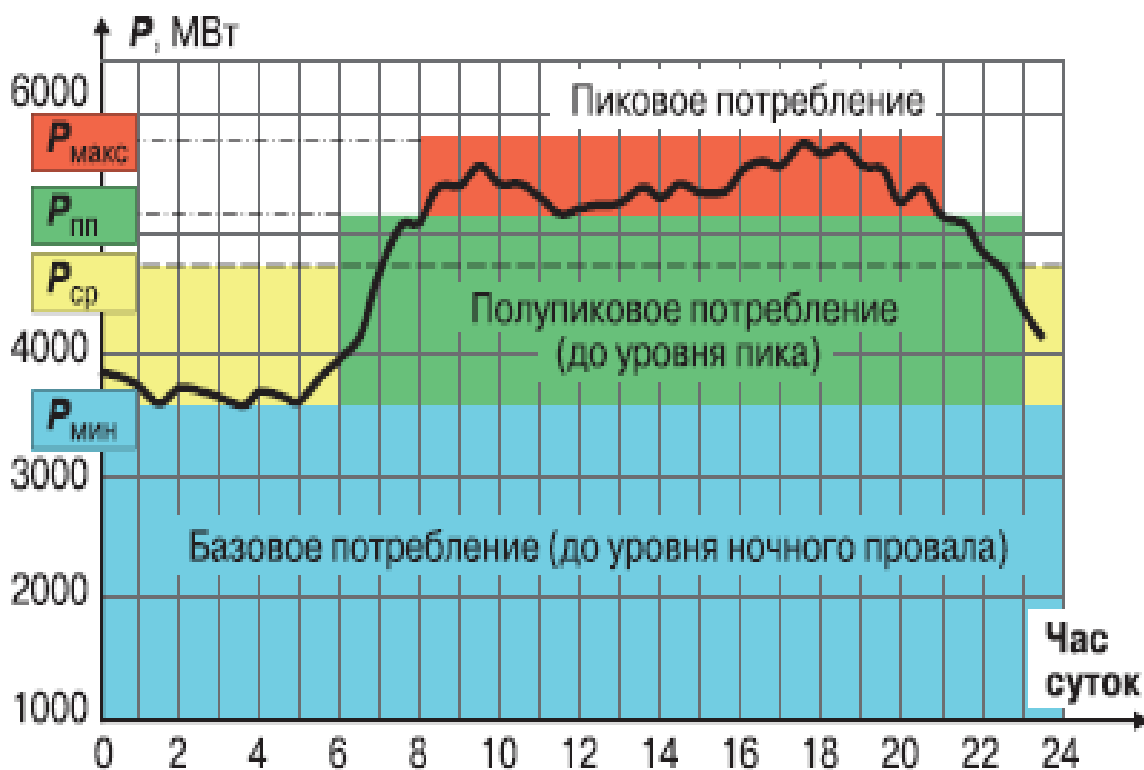


Рисунок 1 – Типовой суточный график нагрузки энергосистемы

При мощности ВЭС, равной минимальной (базовой) мощности потребителя, вся энергия будет использована. Тогда, ограничение по мощности примет вид:

$$P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2 + \dots + P_i \cdot x_i \leq P_{\text{мин}}. \quad (3)$$

Количество ВЭУ (x) с заданным диаметром ветроколеса ($d_{\text{вк}}$) зависит от наличия территории для строительства ВЭС. С учетом того, что расстояние между ВЭУ должно быть не менее ($10d_{\text{вк}}$), количество ВЭУ с соответствующим диаметром ВК ограничивается исходя из условия:

$$0,785d_1^2 x_1 W_{\text{уд.ВЭУ1}} + 0,785d_2^2 x_2 W_{\text{уд.ВЭУ2}} + \dots + 0,785d_i^2 x_i W_{\text{уд.ВЭУi}} \leq 0,01 W_{\text{уд.}} S, \quad (4)$$

если от i -ой ВЭУ ожидается выработка:

$$W_{\text{уд.ВЭУi}} = 0,785d_i^2 \cdot x_i \cdot W_{\text{уд.ВЭУi}}, \quad (5)$$

где S – имеющаяся площадь для размещения ВЭУ, $W_{\text{уд}}$ – удельная энергия ветра, ожидаемая с одного м^2 заданной территории.

Для ВЭС, представляющая собой несколько ВЭУ объединенных в единую сеть, важна передача заданной мощности с минимальными затратами. Для этого необходимо определить затраты на передачу электроэнергии от ВЭУ в составе ВЭС

$$C_{\text{пер}} = \frac{a \cdot K_{\text{пер}}}{W_{\text{выр}} - \Delta W} \rightarrow \min \quad (6)$$

где ΔW – потери электроэнергии при передаче, кВт·ч.

Для снижения затрат на передачу электрической энергии предлагается установить необходимое электрооборудование для преобразования электроэнергии в центре электрических нагрузок, к которому подключается ВЭУ. Электроснабжение потребителей предлагается осуществлять по общей линии. На рис.2, в качестве примера, приведена схема расположения девяти ВЭУ в составе ВЭС, где штриховой линией связаны ВЭУ с центром ВЭС, где находится преобразовательное электрооборудование, откуда подается питание от ВЭС (сплошная линия связи) потребителю или на магистральный участок электрической сети.

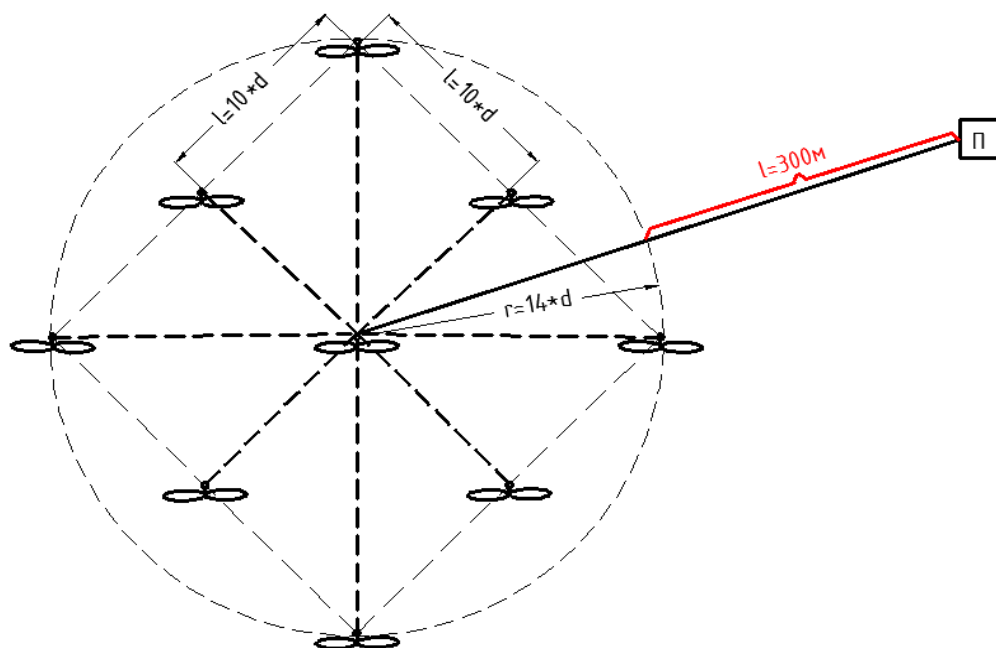


Рисунок 2 – Схема ВЭС из 9 ВЭУ

Результаты исследований, обсуждение. Необходимые капиталовложения на электроснабжение зависят от количества ВЭУ в составе ВЭС. При этом необходимо установить зависимость длины линии электропередачи от количества и параметров ВЭУ.

Расстояния от ВЭУ до центра ВЭС (ΣL_1), и от центра до потребителя (ΣL_2) с учетом охранной зоны в 300 м можно определить выражениями [7].

$$\Sigma L_1 = k_1 \cdot x \cdot d_{\text{БК}} \quad (7)$$

$$\Sigma L_2 = k_2 \cdot x \cdot d_{\text{БК}} + 300 \quad (8)$$

где k_1, k_2 – поправочные коэффициенты, учитывающие длину линии электропередач в зависимости от количества ВЭУ в составе ВЭС.

Установлена зависимость поправочных коэффициентов от количества ВЭУ (x) в составе ВЭС:

$$\Sigma L_1 = 3,3x^{1,5} d_{\text{БК}} ; \quad (9)$$

$$\Sigma L_2 = 2,86x^{0,7} d_{\text{БК}} + 300 . \quad (10)$$

В целом решение задачи по определению оптимального количества ВЭУ в составе ВЭС может иметь два подхода:

- определение оптимального количества ВЭУ в составе ВЭС при минимальных затратах на выработку, согласно выражению (2);
- определение оптимального количества ВЭУ, обеспечивающие минимум затрат как на выработку, так и на передачу электроэнергии, согласно [6-8].

Во втором случае необходимое количество ВЭУ для минимизации затрат на выработку и на передачу электрической энергии могут отличаться. При этом на передачу электроэнергии, возможно, потребуется меньшее количество ВЭУ в составе ВЭС, чем для выработки электрической энергии от ВЭС.

В случае отличия необходимого количества ВЭУ для минимизации затрат на выработку и передачи электроэнергии можно предложить иную схему объединения ВЭУ в составе ВЭС. Так для минимизации затрат на передачу электроэнергии выбранное количество ВЭУ можно объединить в составе ветропарка (ВП). Тогда для минимизации затрат на выработку электрической энергии объединить несколько ВП в состав ВЭС.

Таким образом, для эффективного электроснабжения ветроэнергетические установки могут быть объединены сначала в составе ВП, которые в свою очередь объединяются в составе ВЭС. Предлагаемые ветропарки в составе ВЭС могут располагаться на одной территории, вблизи друг от друга или на определенном расстоянии в зависимости от местных условий. При этом каждый ВП имеет возможность самостоятельно передавать электроэнергию потребителю или в магистральный участок электрической сети.

Минимальная себестоимость передачи электроэнергии от ветропарка, зависит от количества и мощности единичной ВЭУ, величины напряжения электрической сети. Рекомендуемые мощности ВП при передаче электроэнергии в зависимости от напряжения сети приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Рекомендуемая мощность ВП в зависимости от мощности ВЭУ при передаче электроэнергии по сети напряжением 6-10 кВ

$P_{\text{вэу}}, \text{ кВт}$	5	10	15	20	30	50
$P_{\text{вп}}, \text{ кВт}$	100-150	160-250	150-400	180-500	180-450	300-500

Таблица 2 – Рекомендуемая мощность ВП и длина питающей линии в зависимости от мощности ВЭУ при передаче электроэнергии по сети напряжением 0,4 кВ

Р _{ВЭУ} , кВт	0,3	0,5	1	2	3	5	10	20	50
Р _{ВП} , кВт	5-8	8-12	12-18	18-32	32-45	45-80	80-100	100-180	150-250
L ₂ , м	300-420	330-370	340-370	340-370	360-400	380-430	380-460	380-460	410-460

Результаты исследования в условиях Челябинской области показывают (табл.3), что экономически целесообразно в первом ветроэнергетическом районе ВЭУ мощностью 50 кВт, во втором - ВЭУ мощностью 30 кВт, в третьем – ВЭУ мощностью 20 кВт. При потребной мощности 5 кВт использование двух ВЭУ мощностью 3 кВт экономически выгоднее по сравнению с ВЭУ, мощностью 5 кВт.

Таблица 3 – Основные показатели ВП в условиях Челябинской области

Ветроэнергетический район	1	2	3
Рабочая скорость, м/с	12	8,5	7
Диаметр ветроколеса, м	13	18	18
Мощность генератора, кВт	50	30	20
Оптимальное кол-во ВЭУ в составе одного ВП при передаче электроэнергии напряжением 0,4 кВ	4	5	6
Оптимальное кол-во ВЭУ в составе одного ВП при передаче электроэнергии напряжением 6-10 кВ	8	9	11

В условиях Челябинской области, на основе технико-экономических показателей ВЭУ и электрической сети в составе ВП, определены удельные затраты на потребляемую электрическую энергию:

- в I ветроэнергетическом районе ($v_{cp}=8-9$ м/с) – $C_{ВП} = 0,82$ руб./кВтч;
- во II ветроэнергетическом районе ($v_{cp}= 5-6$ м/с) – $C_{ВП} = 2,2$ руб./кВтч;
- в III ветроэнергетическом районе ($v_{cp}= 3-4$ м/с) – $C_{ВП} = 3,96$ руб./кВтч.

ВЭС по приведенным затратам замещает только часть потребляемой электрической энергии. Для полного обеспечения потребной энергии ВЭС должна работать совместно с традиционным источником электроэнергии.

Тогда стоимость электроэнергии для потребителя при использовании ВЭС совместно с традиционным источником электроснабжения можно определить по выражению [9-16]:

$$C_{совм} = C_{ВЭС} f + C_{трад} (1-f), \quad (11)$$

где: $C_{совм}$ – стоимость электроэнергии для потребителя, руб./кВтч; f – доля замещаемой электроэнергии; $C_{вэс}$ – стоимость электроэнергии от ВЭС, руб./кВтч; $C_{трад}$ – стоимость электроэнергии от традиционного источника электроснабжения, руб./кВтч.

Заключение и выводы. Согласно рис. 1 мощность ВЭС рекомендуется принять равной 30% от расчетной нагрузки потребителя. Тогда, например, при средней цене электроэнергии для потребителей 8 руб. за 1 кВтч, во II-м ветроэнергетическом районе Челябинской области стоимость электроэнергии для потребителя от комбинированной системы может составить

$$C_{совм} = 2,2 \cdot 0,3 + 8 \cdot (1-0,3) = 6,26 \text{ руб./кВтч.}$$

Полученный результат показывает снижение затрат на потребляемую электрическую энергию на 1,74 руб. или на 22%.

Проведенные исследования в условиях Челябинской области показывают, что использование ВЭУ малой мощности могут быть эффективными. При этом можно ожидать снижение стоимости электроэнергии до 22%, в зависимости от ветроэнергетического района Челябинской области.

Литературы:

- [1] **Чиндяскин, В.И.,** Шахов В.А., Шерьязов С.К. Теоретические исследования бесперебойности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей с применением альтернативных источников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2019. – №6 (80). – С. 179-181.
- [2] **Моисеев, Л.Л.** Распределенная генерация энергии – фактор повышения энергетической безопасности региона / Л.Л. Моисеев, В.Н. Сливной // Ползуновский вестник, 2004. – №1. – С.226-229.
- [3] **Sheryazov, S.K.,** Shelubaev M.V., Obukhov S.G. Renewable Sources in System Distributed Generation. В сборнике: 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017. С. 8076247.
- [4] **Шерьязов, С.К.,** Шелубаев М.В. Выбор ветроэнергетической установки // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2010. – №2. – С. 7.
- [5] **Шерьязов, С.К.** Разработка метода определения параметров ветропарка / С.К. Шерьязов, М.В. Шелубаев // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2014. – Вып. 10. – С. 182-187.
- [6] **Гуртовец, А.,** Забелло Е. Электрическая нагрузка в энергосистеме. Новости электротехники, 2008. – № 5 (53). – С. 15-19.
- [7] **Шерьязов С.К., Шелубаев М.В.** Ветроэлектрические установки в системе электроснабжения сельскохозяйственных потребителей: монография. – Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2018. – 184 с.
- [8] **Шерьязов, С.К.** Методические основы определения мощности гелио- и ветро энергетических установок. Техника в сельском хозяйстве, 2000. – №3. – С. 36-39.
- [9] **Шерьязов С.К.** Возобновляемые источники в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей: монография. – Челябинск: ЧГАУ, 2008. – 300 с.
- [10] **Обухов, С.Г.,** Плотников И.А. Оценка эффективности применения ветроэнергетических установок в системах распределенной генерации // Электричество, 2016. – №9. – С. 24–31.
- [11] **Кудрин, Б.И.** Электроснабжение промышленных предприятий: учебник. – М.: Академия, 2013. – 352 с.
- [12] **Тергемес, К.Т.,** Шерьязов С.К., Казанина И.В. Электроснабжение: учебник. Алматы. АУЭС, 2024. – 184 с.
- [13] **Ackermann, T. (Ed.).** *Wind Power in Power Systems*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2012. 1132 p.
- [14] **Burton, T.,** Jenkins N., Sharpe D., Bossanyi E. *Wind Energy Handbook*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011. 780 p.
- [15] **Masters, G.M.** *Renewable and Efficient Electric Power Systems*. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. 704 p.
- [16] **Bollen, M.H.J.,** Hassan F. *Integration of Distributed Generation in the Power System*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 528 p.

References:

- [1] **Chindjaskin, V.I.,** Shahov V.A., Sher'jazov S.K. Teoreticheskie issledovaniya bespere-bojnosti jelektrosnabzhenija sel'skohozejajstvennyh potrebitelej s primeneniem al'ternativnyh istochnikov. Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2019. – №6 (80). – S. 179-181. [in Russian]
- [2] **Moiseev, L.L.** Raspredeleennaja generacija jenerгии – faktor povyshenija jenergeticheskoy bezopasnosti regiona / L.L. Moiseev, V.N. Slivnoj // Polzunovskij vestnik. – 2004. - №1. – S.226-229. [in Russian]

- [3] **Sher'yazov, S.K.**, Shelubaev M.V., Obukhov S.G. Renewable Sources in System Distributed Generation. V sbornike: 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017. C. 8076247 [in Russian]
- [4] **Sher'jazov, S.K.**, Shelubaev M.V. Vybor vetrojenergeticheskoy ustanovki. Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. 2010. № 2. S. 7. [in Russian]
- [5] **Sher'jazov, S.K.** Razrabotka metoda opredelenija parametrov vetroparka / S.K. Sher'jazov, M.V. Shelubaev // Vestnik KrasGAU. – Krasnojarsk, 2014. – Vyp. 10. – S. 182-187. [in Russian]
- [6] **Gurtovec, A.**, Zabello, E. Jelektricheskaja nagruzka v jenergosisteme. Novosti jelectrotehniki №5 (53) 2008 g. S. 15-19. [in Russian]
- [7] **Sher'jazov, S.K.**, Shelubaev M.V. Vetrojelektricheskie ustanovki v sisteme jelectrosnabzhenija sel'skohozjajstvennyh potrebitelej: monografija. – Cheljabinsk: FGBOU VO Juzhno-Ural'skij GAU, 2018. – 184 s. [in Russian]
- [8] **Sher'jazov, S.K.** Metodicheskie osnovy opredelenija moshhnosti gelio- i vetro jenergeticheskikh ustanovok. Tehnika v sel'skom hozjajstve. 2000. №3. S. 36-39. [in Russian]
- [9] **Sher'jazov S.K.** Vozobnovljaemye istochniki v sisteme jenergosnabzhenija sel'skohozjajstvennyh potrebitelej: monografija. – Cheljabinsk: ChGAU, 2008. – 300 s. [in Russian]
- [10] **Obuhov, S.G.**, Plotnikov I.A. Ocenka jeffektivnosti primenenija vetrojenergeticheskikh ustanovok v sistemah raspredelennoj generacii // Jelektrichestvo. 2016. №9. S. 24–31. [in Russian]
- [11] **Kudrin, B.I.** Jelectrosnabzhenie promyshlennyh predpriyatij: uchebnik. M.: Akademija, 2013. 352 s. [in Russian]
- [12] **Tergemes, K.T.**, Sher'jazov S.K., Kazanina I.V. Jelectrosnabzhenie: uchebnik. Almaty. AUJeS. - 2024. 184 s. [in Russian]
- [13] **Ackermann, T.** (Ed.). *Wind Power in Power Systems*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2012. 1132 p.
- [14] **Burton, T.**, Jenkins N., Sharpe D., Bossanyi E. *Wind Energy Handbook*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011. 780 p.
- [15] **Masters, G.M.** *Renewable and Efficient Electric Power Systems*. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. 704 p.
- [16] **Bollen, M.H.J.**, Hassan F. *Integration of Distributed Generation in the Power System*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 528 p.

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАУ ЖҮЙЕСІНДЕ ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТАҢДАУ

Шер'язов С.К., техника ғылымдарының докторы, профессор
Шелубаев М.В., техника ғылымдарының кандидаты

Оңтүстік-Орал мемлекеттік аграрлық университеті, Челябинск қ., Ресей

Аннотация. Жұмыста Ауыл шаруашылығы тұтынушыларын электрмен жабдықтаудың сенімділігі мен тиімділігін арттырудың өзекті мәселесі қарастырылады, бұл ауылдық электр желілерінің едәуір ұзақтығы мен тозуының жоғары деңгейіне байланысты. Тарату желілерінің қазіргі жағдайы электрмен жабдықтаудағы үзілістердің ұзақтығының ұлғаюына, электр энергиясының ысыраптарының өсуіне және пайдалану шығындарының артуына, әсіресе қуаты аз қашықтықтағы тұтынушылар үшін әкелетіні атап өтілді.

Осыған байланысты ауыл шаруашылығын электрмен жабдықтау жүйесін жетілдірудің перспективалы бағыттарының бірі ретінде бөлінген генерацияны дамыту қажеттілігі негізделген. Жаңартылатын энергияның басқа түрлерімен салыстырғанда салыстырмалы түрде төмен капитал сыйымдылығымен және жоғары бәсекеге қабілеттілігімен ерекшеленетін жаңартылатын энергия көздерін, атап айтқанда жел энергетикасы қондырғыларын пайдалануға ерекше назар аударылады.

Автономды және желілік электрмен жабдықтау жүйелерінің құрамында жел электр станцияларын қолдану ерекшеліктері, сондай-ақ тұтынушыларды электр энергиясымен қамтамасыз ету үшін бірнеше жел электр қондырғыларының бірлескен жұмыс істеу мүмкіндіктері қарастырылған. Жел электр станцияларын тиімді жобалау және пайдалану электр энергиясын өндіру және беру шығындарын азайтуға, ауыл шаруашылығы объектілерін электрмен жабдықтау сенімділігін арттыруға, электр энергиясының ысырабын азайтуға және ауылдық аумақтардың энергетикалық инфрақұрылымының тұрақты дамуын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіні атап өтілді.

Тірек сөздер: жел электр станциясы, электр энергиясы, үздіксіз байланыс желісі, қуат, электр энергиясының құнын төмендету.

SELECTION OF WIND FARM PARAMETERS IN THE RURAL ELECTRICITY SUPPLY SYSTEM

Sheryazov S.K., Professor, Doctor of Technical Sciences

Shelubaev M.V., Candidate of Technical Sciences

South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

Annotation. The paper considers the urgent problem of increasing the reliability and efficiency of power supply to agricultural consumers, due to the significant length and high level of wear of rural electric networks. It is noted that the current state of distribution networks leads to an increase in the duration of power supply interruptions, an increase in electricity losses and an increase in operating costs, especially for remote low-power consumers.

In this regard, the necessity of developing distributed generation as one of the promising areas for improving the agricultural power supply system is substantiated. Special attention is paid to the use of renewable energy sources, in particular wind power plants, which are characterized by relatively low capital intensity and high competitiveness compared to other types of renewable energy.

The features of the use of wind power plants as part of autonomous and grid-based power supply systems, as well as the possibilities of joint operation of several wind power plants to provide consumers with electricity, are considered. It is emphasized that effective design and operation of wind power plants can reduce the cost of electricity generation and transmission, increase the reliability of electricity supply to agricultural facilities, reduce electricity losses and ensure the sustainable development of rural energy infrastructure.

Keywords: wind farm, electric power, continuous communication line, capacity, reduction of electricity cost.

IMPROVING DURABILITY OF ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP UNITS

Tanzharikov P.A., candidate of technical sciences, professor.

pan_19600214@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6490-9972>

Orakova A.N., 1 st-year Master's student of the educational program 7M07158 – Technological machines and equipment (by branches)

orakova98@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-9663-9680>

Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

Annotation. This article is devoted to researching ways to increase the reliability, strength, and overall service life of Electric Submersible Centrifugal Pump (ESCP) Units. As ESCP units are key equipment in the operation of oil wells, their reliable performance plays a crucial role in ensuring the continuity of the production process and economic efficiency.

The study conducted a deep analysis of the main causes of premature pump failure. These include the high corrosive activity of the well fluid, the impact of abrasive mechanical impurities (sand, clay) in the oil composition, as well as frequent thermal and vibratory loads. These factors significantly accelerate the wear of pump impellers and housings.

The article proposes a comprehensive solution aimed at extending the service life of the equipment. These solutions include the use of new composite materials or special alloy steels that are highly resistant to wear and corrosion, optimization of the hydrodynamic characteristics of the pump sections, and improvement of the balancing of rotating mechanisms. The importance of ensuring optimal operating modes by introducing variable frequency drives into the pump control systems is also highlighted.

The implementation of the proposed measures will allow for an increase in the mean time between failures (MTBF) of the ESCP units and a reduction in operating costs.

Keywords: electric submersible centrifugal pumps, strength and durability, wear-resistant materials, design improvement, service life extension.

Introduction. The oil and gas industry is a key driving force of the global energy sector, while the mechanized extraction of fluids from wells remains a critical process that determines the efficiency of this field. In this context, submersible electric centrifugal pumps (SECPs) are recognized as one of the most widely used and high-performance tools in oil well operation.

However, the operating environment of SECPs is highly complex and aggressive: high temperatures and pressures, as well as the presence of corrosive agents in the fluid (hydrogen sulfide, carbon dioxide) and abrasive mechanical impurities (sand, clay), significantly affect the strength and durability of the main components of the equipment [1].

Premature pump failures and a reduction in their mean time between failures (MTBF) lead to well shutdowns, additional costs for complex repairs, and decreased production volumes. Therefore, improving the operational life and reliability of SECPs is a highly relevant technical and economic issue for oil-producing enterprises. The object of the study is submersible electric centrifugal pumps (SECPs).

The subject of the study is a set of design and material-technological solutions aimed at increasing the wear and corrosion resistance of SECPs, as well as approaches to improving their control systems. The aim of the work is to develop scientifically grounded and industrially validated methods for enhancing the strength and durability of SECPs and to propose their practical implementation.

To achieve this aim, the following tasks were identified:

Conduct an in-depth analysis of the physicochemical and mechanical mechanisms of wear and corrosion in the main components of SECPs;

Investigate the possibilities of using composite or specially alloyed materials with high wear and corrosion resistance for manufacturing pump components (impellers and guide vanes);

Develop recommendations for improving the design of pump sections to reduce the impact of abrasive environments and enhance hydrodynamic balance;

Evaluate the technical and economic feasibility of introducing adjustable frequency drives (AFDs) into pump control systems to reduce dynamic loads on the equipment.

The main methods used in the study include a systematic analytical review of literature, statistical analysis of industrial data, and mathematical and numerical modeling of pump wear processes. The research approach is based on using results from bench and industrial tests that simulate the operating conditions of pump elements [2-3].

The main conclusion of the work is that the service life of SECPs can be extended by up to 50% through comprehensive design improvements and the introduction of innovative wear-resistant materials. The practical significance of the work is that implementing the proposed recommendations in the daily operations of oil-producing enterprises will directly reduce costs associated with pump replacement and repair, thereby increasing the overall economic efficiency of well operation.

Research Materials and Methods. This study encompasses a comprehensive effort aimed at improving the durability of submersible electric centrifugal pumps (SECPs). As research material, several typical SECP models that failed after an average of 300–500 days of operation in major oil fields in Kazakhstan (e.g., Kumkol) were examined. Special attention was paid to the pump's most wear-prone components, namely, the impellers, guide vanes, and seals of the hydroprotection section. The original materials of these elements were mostly standard carbon steels and stainless alloyed steels (e.g., 40X and 12X18H10T).

The research was conducted in systematic stages:

1. Collection and analysis of industrial data, including failure reports, mean time between failures (MTBF), and actual well fluid characteristics (concentration of mechanical impurities, gas factor, temperature).

2. Examination of worn samples to determine the nature of corrosive and mechanical damage on the surfaces of dismantled pump components.

3. Numerical modeling of pump operational processes (hydrodynamics, mechanical stresses) with the introduction of new materials and design modifications.

4. Formulation of comprehensive recommendations for enhancing SECP durability based on analysis and modeling results.

The full description of the methods used includes:

- Reliability analysis: Statistical analysis based on the Weibull distribution function was conducted to determine correlations between SECP failure frequency and the main influencing factors. This method allowed prediction of the pump service life and calculation of failure probabilities.

- Metallographic and chemical analysis: Changes in the microstructure of worn materials, corrosion pit depths, and the nature of mechanical cracks were examined using Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX).

- Computational Fluid Dynamics (CFD) modeling: ANSYS Fluent software was used to simulate the distribution of fluid flow within the pump section, the trajectories of solid particles, and their impacts on component surfaces. This allowed identification of areas most prone to abrasive wear and those with the highest risk of damage.

- Modeling of Adjustable Frequency Drives (AFDs): Mathematical modeling was conducted to optimize pump vibration characteristics and energy consumption by introducing AFDs, aimed at determining the optimal operating mode with the lowest vibration level [4-5].

The main results of the study and their significance for improving SECP durability are as follows: statistical analysis of industrial data revealed that over 65% of SECP failures are caused by corrosive-mechanical wear. The highest wear rates were observed in the first and last stages of the pump, which is explained by the high kinetic energy of abrasive particles in the inlet and outlet zones.

Table 1 – Overview of Wear Rates and Causes of SECP Main Components

PumpComponent	Material	Average Wear Rate (mm/1000 h)	MainCauseofFailure
Impeller	Standardalloysteel	0.05 \pm 0.01	Abrasivewear
Guidevane	Carbonsteel	0.08 \pm 0.02	Corrosion + Erosion
Hydroprotectionseal	Elastomer	0.15 \pm 0.03	Thermaldegradation

Metallographic analysis revealed deep corrosion pits on the surface of standard steels caused by corrosive agents such as hydrogen sulfide (H₂S) and carbon dioxide (CO₂) (Figure 1).

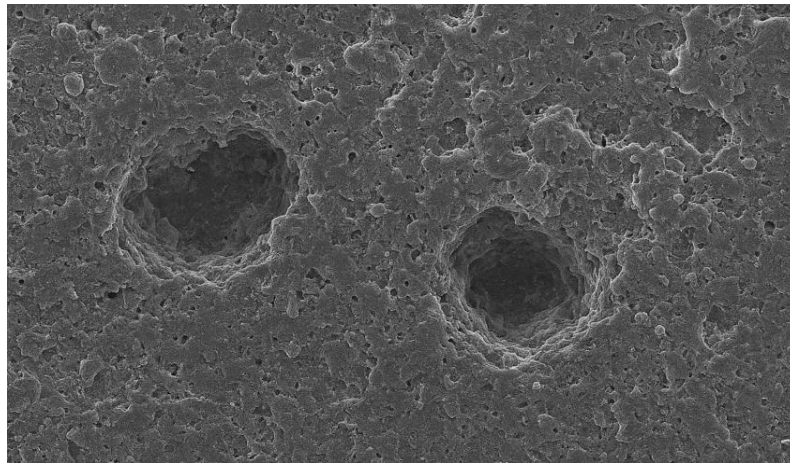


Figure 1 – Corrosion pits on the impeller surface (SEM)

These defects act as stress concentrators, reducing fatigue strength and increasing susceptibility to cracking in pump components. Based on these findings, it was recommended to replace working elements (impellers and guide vanes) with carbide-ceramic coatings or titanium-based alloys with high wear resistance. Laboratory tests showed that using new composite coatings reduced abrasive wear rates up to three times, confirming the high efficiency of this material-technological approach in extending pump service life [6].

Additionally, Computational Fluid Dynamics (CFD) results showed significant hydrodynamic disturbances in the inlet and outlet zones of the pump section (Figure 2), which increase local erosive wear.

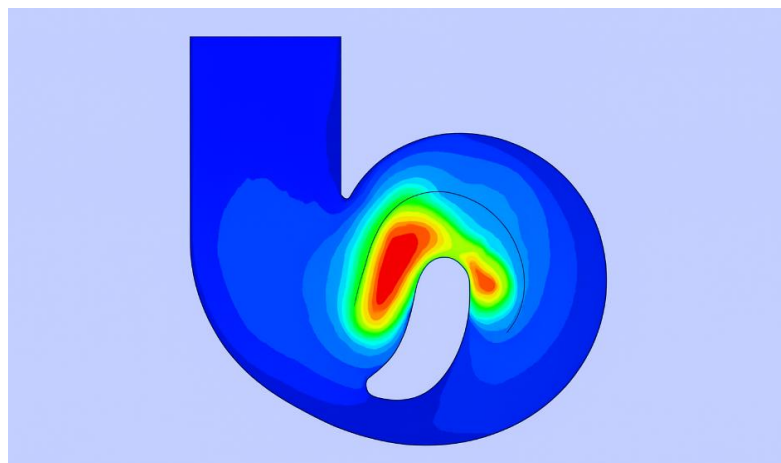


Figure 2 – Erosive wear zones identified by CFD modeling

CFD modeling suggested optimizing the impeller inlet angle (e.g., a 2° adjustment). Figure 3 presents a comparative analysis of wear distribution in the impeller: (a) current design, (b) optimized design, demonstrating the effectiveness of structural modification. The optimized design reduced local erosive wear by 20% and increased overall pump hydrodynamic efficiency by 1.5%, also improving energy efficiency [6-8].

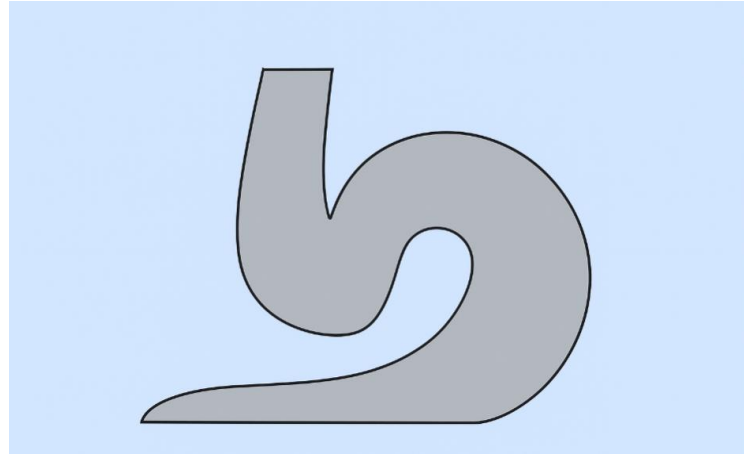


Figure 3 – Optimized impeller blade profile

During the study, the use of Adjustable Frequency Drives (AFDs) proved particularly effective in reducing mechanical wear. AFDs allow the pump to operate optimally according to the well's flow rate and formation pressure, preventing resonance vibrations. Industrial tests recorded up to a 40% reduction in vibration levels for pumps equipped with AFDs (Figure 4).

The dependence of pump wear rate on vibration amplitude is described by the formula:

$$W = K \cdot A^n \cdot C$$

where:

W – wear rate

K – proportionality coefficient

A – vibration amplitude

n – exponential factor

C – concentration of abrasive particles

Reducing vibration amplitude (A) significantly lowers W , decreasing mechanical wear and increasing MTBF by up to 1.5 times.

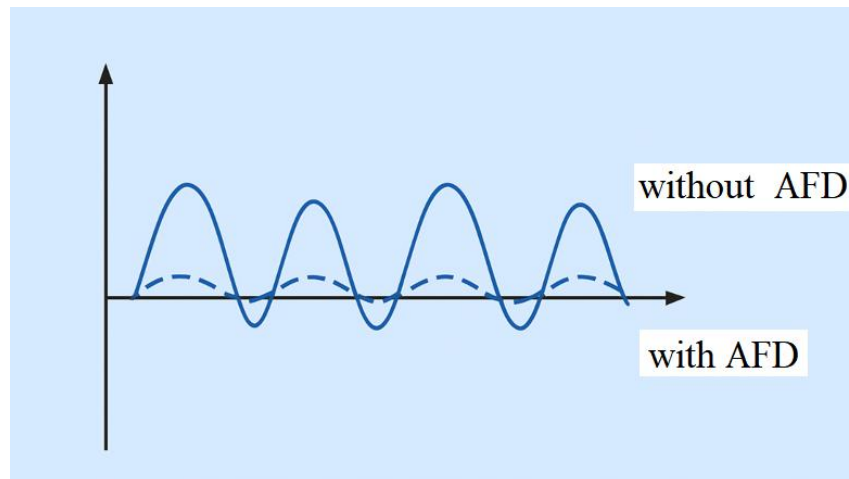


Figure 4 – The effect of adjustable frequency drives on reducing pump vibration

Results and discussion. These results demonstrate that pump durability can be enhanced not only by material replacement but also through hydrodynamic design optimization and integration of intelligent control via AFDs. The combination of these three approaches provides the most effective and scientifically justified method for extending MTBF and overall production efficiency [9-10].

Ensuring long-term reliable operation of SECPs requires comprehensive study of the physicochemical, mechanical, and hydrodynamic processes occurring in all pump components. Wear mechanisms interact in complex ways and dominate depending on specific operating conditions. Therefore, this section provides an in-depth analysis of wear causes, material solutions, structural optimization, control system improvements, and economic efficiency assessment.

One of the primary factors affecting long-term SECP operation is corrosive wear. Common well fluids contain H_2S , CO_2 , organic acids, chlorides, and mineral salts, which significantly influence the electrochemical stability of metals. H_2S -induced sulfide stress cracking (SSC), combined with stress concentrations at contact zones, sharply increases brittleness. Microcracks in impellers and guide vanes propagate rapidly, compromising structural integrity.

CO_2 corrosion produces carbonate layers that initially protect the metal surface; however, vibrations and hydrodynamic shocks continuously break them, exposing fresh reactive areas, a process known as accelerated cyclic corrosion.

Abrasive wear depends on particle hardness and shape. Sand grains have a Mohs hardness of 6–7, whereas standard pump steels are 1.5–2 times softer. Particle impacts generate high local stresses on pump surfaces. CFD modeling shows maximum erosive wear occurs at particle impact angles of 20° – 40° , while at 70° – 90° , most particle energy is absorbed elastically, slowing wear.

Cavitation erosion is also significant. Cavitation occurs when vapor bubbles form in low-pressure zones and collapse in high-pressure regions, producing impulsive forces of 4000–8000 MPa, sufficient to create micro-pits. Cavitation is most pronounced in the first and last pump stages, where pressure gradients are highest [9].

Vibrational loads accelerate wear mechanisms near resonant frequencies, increasing vibration amplitudes 3–5 times, reducing bearing, coupling, and impeller stability. Micro-movements in contact zones induce fretting wear.

High temperatures cause thermal aging in polymer seals and cable insulation, breaking molecular chains or altering crystallinity, reducing elasticity and strength, and increasing leakage.

Material selection directly affects pump longevity. Titanium alloys (Ti-6Al-4V, Ti-5Al-2.5Sn) provide excellent corrosion and erosion resistance, with a passive TiO_2 layer that self-restores and hardness of 850–900 HV.

Nickel-based superalloys (Inconel 625, 718) maintain strength at high temperatures, with dense γ -phase hardening improving erosion resistance, suitable for high gas factor wells.

Ceramic-metal composites (WC-Co, TiC-Ni, Cr_3C_2 -NiCr) withstand abrasive wear up to 10 times better, with WC-Co coatings exceeding 1500 HV. SEM showed TiN-coated impellers had 2.6 times fewer abrasive grooves and pits, and EDX indicated reduced chloride and sulfide accumulation.

Polymer-composite guide vanes (PPS, PEEK) offer low density, corrosion neutrality, low friction (0.08–0.12), and “soft” acceptance of sand particles, reducing erosion, effective up to $160^\circ C$ and in H_2S environments.

Hydrodynamic efficiency and erosion resistance primarily depend on geometric parameters. Optimizing blade profile is a key structural improvement. CFD shows a 1 – 3° change in inlet angle shifts 18–22% of particle impact zones, ensuring uniform wear and extending

service life. Expanding pump channels improves flow stability, increases effective cross-section by ~12%, and reduces abrasive stress and turbulence.

Bearings also affect reliability. Carbon-fiber composite bearings have higher elasticity and lower friction than metal bearings, reducing axial vibrations 1.8 times, evenly distributing mechanical stresses, and extending impeller, coupling, and shaft life.

AFDs enable intelligent pump control, adjusting speed in real time to match well flow variations (10–30% daily), reducing excessive mechanical loads, preventing resonance, and improving MTBF by 1.4–1.7 times. AFDs also allow early detection of issues such as gas accumulation, blade damage, or initial bearing faults through spectral vibration analysis, supporting predictive maintenance [10-14].

Energy efficiency improves 18–25%, lowering production costs, stabilizing hydraulic performance, and extending service intervals. One well day of downtime costs 1.2–1.8 million KZT.

Economic effects of SECP optimization (materials, design, control):

MTBF: 300–350 days → 520–650 days

Repair costs: 100% → 55–60%

Energy consumption: -20%

Oil production volume: +8–12%

Annual economic effect per pump: 8–15 million KZT

Conclusion. This study comprehensively investigated scientifically grounded methods to improve SECP durability and reliability. Aggressive operating environments, high corrosion activity, abrasive particles, and dynamic loads were identified as the main causes of premature failures. Metallographic, numerical, and industrial analyses confirmed that standard steels and traditional designs cannot fully withstand modern well fluid conditions.

Proposed material-technological solutions—titanium and nickel alloys, carbide-ceramic coatings, high-temperature polymer-composite guide vanes—were experimentally and industrially validated to significantly reduce wear rates. CFD optimization of geometric parameters improved hydrodynamic efficiency and reduced critical erosive zones by more than 20%. AFDs reduced vibration and dynamic loads, increasing MTBF by 1.4–1.7 times [15-16].

The data confirm the validity and scientific basis of the main conclusions: a comprehensive approach integrating materials, design, and intelligent control is the most technically and economically effective strategy for modern oil production. Recommendations are ready for industrial implementation, extending equipment life, prolonging repair intervals, reducing operational costs, and improving overall production efficiency.

Әдебиеттер:

[1] **Агапов, Н.Н.,** Герасимов С.Н. Особенности износа элементов насосов в абразивно-коррозионной среде // Журнал нефтегазового машиностроения, 2021. – №1. – С. 15-23. <https://doi.org/10.31029/NGM.2021.45>

[2] **Ержанов, А.М.,** Нургалиев К.С. Анализ надежности работы погружных центробежных насосов // Вестник КазУТЗУ, 2020. – №4. – С. 42–50. <https://doi.org/10.28945/KTU.2020.12>

[3] **Омаров, Б.Т.** Коррозия и её влияние на нефтяное оборудование // Казахстанский нефтегазовый журнал, 2022. – №2. – С. 33–41. <https://doi.org/10.32524/KMG.2022.17>.

[4] **Исабаев, Т.А.,** Жумабеков А.К. Исследование механизмов износа центробежных насосов // Евразийский технический журнал, 2021. – №3. – С. 58-66. <https://doi.org/10.30556/ETJ.2021.8>.

[5] **Касенов, М.Б.,** Сейдахметов А.Н. Влияние абразивных частиц на гидродинамику насоса // Журнал инженерных наук, 2020. – №5. – С. 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.engsci.2020.103215>

[6] **Жумадилин, А.С.,** Айткулов Б.М. Влияние механических примесей в нефти на износ насоса // Журнал горного дела, 2019. – №6. – С. 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.mining.2019.203512>.

- [7] Сайлаубеков, Е.М., Амиреев Д.С. Оптимизация потока насоса с помощью CFD-моделирования // Энергетика и машиностроение, 2021. – №2. – С. 39–47. <https://doi.org/10.1080/01998595.2021.1607123>.
- [8] Ахметов, Ш.Р. Применение титановых сплавов в нефтяных скважинах // Материаловедение и инженерия, 2022. – №4. – С. 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2022.142013>.
- [9] Данияров, Е.К., Калдыбаев Е.Н. Вибрационная устойчивость насосных агрегатов // Прикладная механика и материалы. – 2020. – №7. – С. 11–19. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.2020.123>.
- [10] Асанов, М.Ж., Омирзаков Д.Т. Возникновение кавитационной эрозии и методы её предотвращения // Журнал механики жидкости, 2021. – №1. – С. 88–96. <https://doi.org/10.1115/1.4051123>.
- [11] Мустафаев, А.С. Эффективность композиционных подшипников в насосах // Международный журнал трибологии, 2021. – №9. – С. 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.106557>.
- [12] Жангелдин, Е.А. Особенности керамических покрытий для элементов насосов // Технологии обработки поверхности. – 2019. – №3. – С. 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.125011>.
- [13] Абдиганпар, А.Р., Керимбаев Е.Ш. Применение регулируемых частотных приводов для повышения надежности ESP // Нефтегазовая наука и технология. – 2020. – №5. – С. 27–35. <https://doi.org/10.2516/ogst/2020014>.
- [14] Нурпеисов, Ж.Д., Сагындыков М.Б. Анализ отказов насосов в высокотемпературных скважинах // Журнал инженерного анализа отказов. – 2022. – №6. – С. 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106917>.
- [15] Айдов, Н.Т. Влияние многофазного потока на целостность ESP // Журнал нефтяной инженерии, 2021. – №8. – С. 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109045>
- [16] Танжариков, П.А., Тлеуберген А.Ж., Сүлейменов Н.С. Мұнай және газ кен орындарын пайдаланудағы терең сорапты қондырғылардың штангалық жабдықтарын жетілдіру // Нефть и газ. – 2022. – №4. – С. 74–85.

References:

- [1] Agapov, N.N., Gerasimov S.N. Osobennosti iznosa jelementov nasosov v abrazivno-korroziionnoj srede // Zhurnal neftegazovogo mashinostroenija, 2021. – №1. – S. 15–23. <https://doi.org/10.31029/NGM.2021.45>. [in Russian]
- [2] Erzhanov, A.M., Nurgaliev K.S. Analiz nadezhnosti raboty pogruzhnyh centrobezhnyh nasosov // Vestnik KazUTZU, 2020. – №4. – S. 42–50. <https://doi.org/10.28945/KTU.2020.12>. [in Russian]
- [3] Omarov, B.T. Korrozija i ejo vlijanie na nefljanoe oborudovanie // Kazhastanskij neftegazovyj zhurnal, 2022. – №2. – S. 33–41. <https://doi.org/10.32524/KMG.2022.17>. [in Russian]
- [4] Isabaev, T.A., Zhumabekov A.K. Issledovanie mehanizmov iznosa centrobezhnyh nasosov // Evrazijskij tehnikeskij zhurnal, 2021. – №3. – S. 58–66. <https://doi.org/10.30556/ETJ.2021.8>. [in Russian]
- [5] Kasenov, M.B., Sejdahmetov A.N. Vlijanie abrazivnyh chastic na gidrodinamiku nasosa // Zhurnal inzhenernyh nauk, 2020. – №5. – S. 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.engsci.2020.103215>. [in Russian]
- [6] Zhumadildi, A.S., Ajtkulov B.M. Vlijanie mehanicheskikh primesej v nefti na iznos nasosa // Zhurnal gornogo dela, 2019. – №6. – S. 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.mining.2019.203512>. [in Russian]
- [7] Sajlaubekov, E.M., Amireev D.S. Optimizacija potoka nasosa s pomoshh'ju CFD-modelirovaniya // Jenergetika i mashinostroenie, 2021. – №2. – S. 39–47. <https://doi.org/10.1080/01998595.2021.1607123> [Sailaubekov E.M., Amireev D.S. Optimizatsiya potoka nasosa s pomoshchyu CFD-modelirovaniya // Energetika i mashinostroenie. – 2021. – №2. – S. 39–47. <https://doi.org/10.1080/01998595.2021.1607123>] [in Russian]
- [8] Ahmetov, Sh.R. Primenenie titanovyh splavov v neftyanyh skvazhinah // Materialovedenie i inzhenerija. – 2022. – №4. – S. 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2022.142013>. [in Russian]

- [9] **Danijarov, E.K.**, Kaldybaev E.N. Vibracionnaja ustojchivost' nasosnyh agregatov // Prikladnaja mehanika i materialy, 2020. – №7. – S. 11–19. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.2020.123>. [in Russian]
- [10] **Asanov, M.Zh.**, Omirzakov D.T. Vozniknovenie kavitacionnoj jerozii i metody ejo predotvrashhenija // Zhurnal mehaniki zhidkosti, 2021. – №1. – S. 88–96. <https://doi.org/10.1115/1.4051123>. [in Russian]
- [11] **Mustafaev, A.S.** Jefferktivnost' kompozicionnyh podshipnikov v nasosah // Mezhdunarodnyj zhurnal tribologii, 2021. – №9. – S. 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.106557>. [in Russian]
- [12] **Zhangeldin, E.A.** Osobennosti keramicheskikh pokrytij dlja jelementov nasosov // Tehnologii obrabotki poverhnosti, 2019. – №3. – S. 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.125011>. [in Russian]
- [13] **Abdigappar, A.R.**, Kerimbaev E.Sh. Primenenie reguliruemyh chastotnyh privodov dlja povyshenija nadezhnosti ESP // Neftegazovaja nauka i tehnologija, 2020. – №5. – S. 27–35. <https://doi.org/10.2516/ogst/2020014>. [in Russian]
- [14] **Nurpeisov, Zh.D.**, Sagyndykov M.B. Analiz otkazov nasosov v vysokotemperaturnyh skvazhinah // Zhurnal inzhenernogo analiza otkazov, 2022. – №6. – S. 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106917>. [in Russian]
- [15] **Ajdosov, N.T.** Vlijanie mnogofaznogo potoka na celostnost' ESP // Zhurnal nefljanoy inzhenerii, 2021. – №8. – S. 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109045>. [in Russian]
- [16] **Tanzharikov, P.A.**, Tleubergen A.Zh., Suleimenov N.S. Munaj zhane gaz ken oryndaryn pajdalanudagy teren sorapty qondyrgylardyn shtangalyq zhabdyqtaryn zhetildiru // Neft' i gaz. – 2022. – №4. – S. 74–85. [in Kazakh]

ҰҢҒЫМАЛЫҚ ЭЛЕКТР ОРТАДАН ТЕПКІШ СОРАПТАРДЫҢ ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Танжариков П.А., техника ғылымдарының кандидаты, профессор
Орақова А.Н., 7М07158 – Технологиялық машиналар және жабдықтар (сала бойынша) БББ-ның
1 курс магистранты

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ., Қазақстан

Андатпа. Бұл мақала ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар қондырғыларының (ҰЭОТСҚ) сенімділігін, беріктігін және жалпы пайдалану мерзімін арттыру жолдарын зерттеуге арналған. ҰЭОТСҚ мұнай ұңғымаларын пайдаланудағы негізгі жабдық болғандықтан, олардың ақаусыз жұмысы өндіру процесінің үзіліссіздігі мен экономикалық тиімділігін қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады.

Зерттеу барысында сораптардың ерте істен шығуына әкелетін негізгі себептер терең талданды. Олардың қатарына ұңғымалық сұйықтықтың жоғары коррозиялық белсенділігі, мұнай құрамындағы абразивті механикалық қоспалардың (кұм, саз) әсері, сондай-ақ жиі кездесетін термиялық және дірілдік жүктемелер жатады. Бұл факторлар сораптың жұмыс дөңгелектері мен корпустарының тозуын жеделдетеді.

Мақалада жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартуға бағытталған кешенді шешімдер ұсынылады. Бұл шешімдер тозуға және коррозияға барынша төзімді жаңа композиттік материалдарды немесе арнайы легирленген қорытпаларды қолдануды, сорап секцияларының гидродинамикалық сипаттамаларын оңтайландыруды және айналмалы механизмдердің теңгерімін (балансын) жақсартуды қамтиды. Сондай-ақ, сорапты басқару жүйелеріне реттелетін жиіліктік жетектерді енгізу арқылы оңтайлы жұмыс режимдерін қамтамасыз етудің маңызы көрсетілген.

Ұсынылған іс-шараларды іске асыру ҰЭОТСҚ-ның жұмыс істеу уақытын арттыруға және пайдалану шығындарын төмендетуге мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: Ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптар, беріктік және төзімділік, тозуға төзімді материалдар, конструкцияны жетілдіру, пайдалану мерзімін ұзарту

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Танжариков П.А., кандидат технических наук, профессор
Оракова А.Н., магистрант 2 курса ОП М07158 – Технологические машины и оборудование (по отраслям)

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г. Кызылорда, Казахстан.

Аннотация: Данная статья посвящена исследованию путей повышения надежности, прочности и общего срока службы установок погружных электрических центробежных насосов (УЭЦН). Поскольку УЭЦН являются ключевым оборудованием при эксплуатации нефтяных скважин, их безотказная работа играет решающую роль в обеспечении непрерывности процесса добычи и экономической эффективности.

В ходе исследования проведен глубокий анализ основных причин преждевременного выхода насосов из строя. К ним относятся высокая коррозионная активность скважинной жидкости, воздействие абразивных механических примесей (песка, глины) в составе нефти, а также частые термические и вибрационные нагрузки. Эти факторы значительно ускоряют износ рабочих колес и корпусов насосов.

В статье предлагается комплексное решение, направленное на продление срока службы оборудования. Эти решения включают применение новых композитных материалов или специальных легированных сплавов, максимально устойчивых к износу и коррозии, оптимизацию гидродинамических характеристик насосных секций и улучшение балансировки вращающихся механизмов. Также показана важность обеспечения оптимальных режимов работы УЭЦН путем внедрения регулируемых частотных приводов в системы управления насосами.

Реализация предложенных мер позволит увеличить время наработки на отказ УЭЦН и снизить эксплуатационные расходы.

Ключевые слова: погружные электрические центробежные насосы, прочность и долговечность, износостойкие материалы, совершенствование конструкции, продление срока службы.

АЭРАЦИЯ РЕЖИМІ МЕН ӨСУ КИНЕТИКАСЫНЫҢ ПОСТБИОТИКАЛЫҚ МЕТАБОЛИТТЕР БИОСИНТЕЗІНЕ ӘСЕРІ

Қабденова А.Т., D111 – «Тамақ өнімдерін өндіру» БББ-ның 1 курс докторанты
ainurkabdenova258@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-6558-1868>

Бейсембаева Г.Ш., D111 – «Тамақ өнімдерін өндіру» БББ-ның 3 курс докторанты
beysembaeva69@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-1563-8530>

Какимова Ж.Х.¹, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
zhaynagul.kakimova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3501-3042>

Мирашева Г.О.¹, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
gulmira_mir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4286-4563>

Шәкәрім Университеті, Семей қ., Қазақстан

Аңдатпа. Бұл зерттеуде аэрация мен өсіру ұзақтығының микробтардың өсуіне және постбиотикалық метаболит синтезіне әсерін зерттелді. Зерттелген штамдар *Lactobacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora uvarum* болды. Өсіру бұрын оңтайландырылған жағдайларда, аэрация қарқындылығы мен инкубация уақыты әртүрлі болған жағдайда жүргізілді.

Сүт қышқылы бактериялары үшін (*Lactobacillus* sp. және *Leuconostoc mesenteroides*) максималды өсу орташа аэрацияда байқалады (80-100 rpm), ал постбиотиктердің ең көп шығымы анаэробты жағдайда қол жеткізіледі. *Hanseniaspora uvarum* ашытқысы үшін биомассаның максималды мәндері мен метаболиттердің құрғақ қалдықтары бекітілген, яғни орташа аэрация режимі (150 rpm) оңтайлы болды. Өсу кинетикасын зерттеу барлық штамдар үшін постбиотикалық метаболиттердің жинақталу шыңына 18 сағаттық культурадан кейін жететінін көрсетті, бұл өсудің кеш экспоненциалды фазасына толық сәйкес келеді. Инкубация уақытының 24 сағатқа дейін ұлғаюы метаболит өнімділігінің айтарлықтай жоғарылауына әкелмеді және тиімділігі төмен болды. Алынған нәтижелер постбиотиктерді алудың тиімділігін арттыру үшін өсірудің оңтайлы параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді және тамақ және фармацевтика өнеркәсібіндегі биотехнологиялық процестерді әзірлеуде, өндірістік масштабта енгізу, технологиялық процестерді жетілдіруде пайдаланылуы мүмкін.

Тірек сөздер: постбиотиктер, сүт қышқылы бактериялары, ашытқы, аэрация, өсу кинетикасы, өсіру, метаболиттер.

Кіріспе. Соңғы жылдары постбиотиктер жоғары биологиялық белсенділігі мен функционалдық қасиеттерінің кең ауқымы арқасында зерттеушілердің назарын аударды. Пробиотиктерден айырмашылығы, постбиотиктер микробқа қарсы, антиоксидантты және иммуномодуляциялық әсері бар микроорганизмдердің метаболиттері болып табылады, бұл оларды тамақ өнеркәсібі мен медицинада қолдануға перспективалы етеді [1, 2].

Постбиотикалық қосылыстарды алудың тиімділігі көбінесе микроорганизмдердің өсу жағдайларымен анықталады, олардың арасында оттегі режимі мен мәдениеттің өсу ұзақтығы маңызды рөл атқарады. Аэрация деңгейі биомассаның өсуі мен қайталама метаболиттердің синтезі арасындағы байланысты өзгерту арқылы микроорганизмдердің метаболиттер жолдарына айтарлықтай әсер ететіні белгілі. Бұл әсіресе анаэробты немесе микроаэрофильді организмдер болып табылатын сүт қышқылы бактерияларына және факультативті-анаэробты метаболизмі бар ашытқыларға қатысты [3, 4, 5].

Өсіру жағдайларының әсерін қарастыратын жеке зерттеулердің болуына қарамастан, аэрация мен инкубация уақытының микроорганизмдердің әртүрлі топтарындағы постбиотиктердің түзілуіне әсерін кешенді бағалау әлі де жақсы түсінілмеген. Атап айтқанда, мақсатты метаболиттердің максималды шығымдылығын қамтамасыз ететін параметрлердің оңтайлы үйлесімі нақтылауды қажет етеді.

Бұл зерттеудің мақсаты аэрация режимі мен өсу кинетикасының биомассаға және *Lactobacillus* sp. штамдарының постбиотикалық метаболиттерінің синтезіне әсерін зерттеу болды. *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora uvarum*, сондай-ақ оларды

өсірудің оңтайлы жағдайларын анықтау. Зерттеу нысандары ретінде *Lacticaseibacillus* sp штамдары қолданылды, *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora uvarum*, метаболкалық белсенділігі және биологиялық белсенді қосылыстар түзу қабілеті бар. [6-8].

Постбиотиктердің өсуі мен жинақталу динамикасын бағалау үшін стандартты микробиологиялық және спектрофотометриялық әдістер қолданылды. Мақсатты метаболиттердің максималды шығымдылығын қамтамасыз ететін оңтайлы параметрлерді анықтау үшін талдау әртүрлі аэрация жағдайларында және өсіру уақыт аралықтарында жүргізілді. Алынған эксперименттік деректер микроорганизмдердің биосинтетикалық белсенділігінің өсіру жағдайларына тәуелділігін бағалауға және оларды өсірудің ең тиімді режимдерін орнатуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нысандары мен әдістері. Келесі микробтық штамдар зерттеу нысаны ретінде қызмет етті: *Lacticaseibacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora uvarum*. Бұл дақылдар биологиялық белсенді метаболиттерді, соның ішінде постбиотикалық қосылыстарды синтездеу қабілетіне байланысты таңдалды.

Өсіру 100 мл қоректік ортасы бар 250 мл колбаларда бақыланатын жағдайларда шейкер инкубаторында жүргізілді. Сүт қышқылы бактериялары үшін температура 30°C, ашытқылар үшін 32°C болды. Ортаның бастапқы рН мәні бактериялар үшін 6,5, ашытқылар үшін 4,5 болды. Инокуляция көлемі 1% құрады. Оттегі режимінің әсерін зерттеу үшін аэрацияның әртүрлі деңгейлері қолданылды: анаэробты жағдайлар, қалыпты аэрация (80–100 айн/мин) және сүт қышқылы бактериялары үшін қарқынды аэрация (150–180 айн/мин), сонымен қатар статикалық культивация, төмен (80 айн/мин) және орташа аэрация (150 айн/мин). Өсу кинетикасын және постбиотикалық метаболиттердің жинақталуын бағалау үшін үлгілер өсіруден кейін 6, 9, 12, 15, 18 және 24 сағаттан кейін жиналды. Тәжірибе барысында культураның оптикалық тығыздығы (OD_{600}), өміршең жасушалар саны (CFU/ml), ортадағы рН өзгеруі және үстіңгі қабаттағы құрғақ қалдық анықталды.

Жүргізілген зерттеулер аэрация режимі мен өсіру ұзақтығының микробтардың өсуіне және постбиотикалық метаболиттер синтезіне әсер ету заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік берді. Алынған деректер жасуша биомассасы, метаболкалық белсенділік және өсіру жағдайлары арасындағы байланысты көрсетеді.

1. Аэрацияның микробтардың өсуіне және постбиотикалық өнімділікке әсері

Оттегінің микробтардың өсуіне және постбиотикалық метаболит синтезіне әсерін бағалау үшін әртүрлі аэрация жағдайында *Lacticaseibacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora Uvarum* штамдарын өсіру бойынша тәжірибелер жүргізілді. Өсіру FSI-70 тұрақты температурада шайқау инкубаторында 100 мл қоректік ортасы бар 250 мл колбаларда жүргізілді. Бұрын анықталған оңтайлы өсіру параметрлері пайдаланылды: LAB үшін температура - 30 °C; Ашытқыға арналған температура - 32 °C; LAB ортасының рН - 6,5; ашытқы ортасының рН - 4,5; Өсіру ұзақтығы - 24 сағат; Инокуляция - 1%.

Аэрация режимдері:

Lacticaseibacillus sp. және *Leuconostoc mesenteroides* үшін келесі шарттар қолданылды:

1. Анаэробты жағдайлар
2. Орташа аэрация (шайкер 80–100 айн/мин, колбалар 2/3 толтырылған)
3. Қарқынды аэрация (шейкер 150–180 айн/мин)

Hanseniaspora Uvarum үшін:

1. Статикалық культивация (қозусыз)
2. Төмен аэрация (шайкер 80 айн/мин)
3. Орташа аэрация (шейкер 150 айн/мин).

Өсіруден кейін мыналар анықталды: культураның оптикалық тығыздығы (OD_{600}), өміршең жасушалардың саны (CFU/ml), ортаның рН өзгеруі және постбиотикалық үстіңгі заттың құрғақ қалдығы (1-3-кестелер).

Зерттеу нәтижелері:

1-кесте – Аэрация режимінің *Lacticaseibacillus* sp-дегі постбиотиктердің шығуына әсері

Аэрация режимі	OD600	KOE/мл ($\times 10^8$)	Сонғы pH	Құрғақ қалдық (мг/см ³)
Анаэробты жағдайлар	6.8	3.4	4.1	3.2
80–100 rpm	7.1	3.7	4.0	3.0
150–180 rpm	6.2	3.0	4.0	2.6

2-кесте – Аэрация режимінің *Leuconostoc mesenteroides*-тегі постбиотиктердің шығуына әсері

Аэрация режимі	OD600	KOE/мл ($\times 10^8$)	Сонғы pH	Құрғақ қалдық (мг/см ³)
Анаэробты жағдайлар	6.5	3.2	4.2	3.5
80–100 rpm	6.8	3.4	4.1	3.2
150–180 rpm	6.0	2.8	4.1	2.7

3-кесте – *Hanseniaspora Uvarum*-да аэрация режимінің постбиотиктердің шығуына әсері

Аэрация режимі	OD600	KOE/мл ($\times 10^8$)	Сонғы pH	Құрғақ қалдық (мг/см ³)
Статикалық өсіру	5.7	3.9	4.6	2.3
Төмен аэрация (80 rpm)	6.5	4.8	4.5	2.9
Орташа аэрация (150 rpm)	7.2	5.6	4.4	3.4

Нәтижелерді талқылау. Нәтижелер аэрация режимі микроорганизмдердің өсуіне және постбиотикалық метаболиттердің синтезіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. *Lacticaseibacillus* sp үшін. және *Leuconostoc mesenteroides* ең жақсы өсу қарқыны орташа аэрацияда (80-100 rpm) байқалды. Бұл жағдайда дақылдардың оптикалық тығыздығы максималды мәндерге жетті, бұл жасушалардың жоғары биомассасын көрсетеді. Алайда, постбиотикалық метаболиттердің концентрациясын көрсететін супернатанттың максималды құрғақ қалдығы анаэробты жағдайда байқалды, бұл сүт қышқылы бактерияларының метаболизмінің ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін [9-11].

Неғұрлым қарқынды аэрацияда (150-180 rpm) өсу мен метаболиттік белсенділіктің төмендеуі байқалды, мүмкін тотығу стрессіне және метаболиттік ашыту жолдарының өзгеруіне байланысты. *Hanseniaspora Uvarum* үшін қарама-қарсы тенденция. Метаболиттердің максималды өсуі мен синтезі орташа аэрацияда байқалды (150 rpm). Бұл жағдайда оптикалық тығыздық мәні OD = 7.2-ге жетті, ал супернатанттың құрғақ қалдығы 3.4 мг / см³ болды. Себебі ашытқы факультативті анаэробтар болып табылады және оттегінің болуы жасуша компоненттерінің белсенді метаболизмі мен биосинтезін ынталандырады [12-14]. Статикалық культура биомасса мен метаболиттік белсенділіктің төмендеуіне әкелді, ал қалыпты аэрация жасушалардың өсуі мен метаболит синтезі арасындағы оңтайлы тепе-теңдікті қамтамасыз етті.

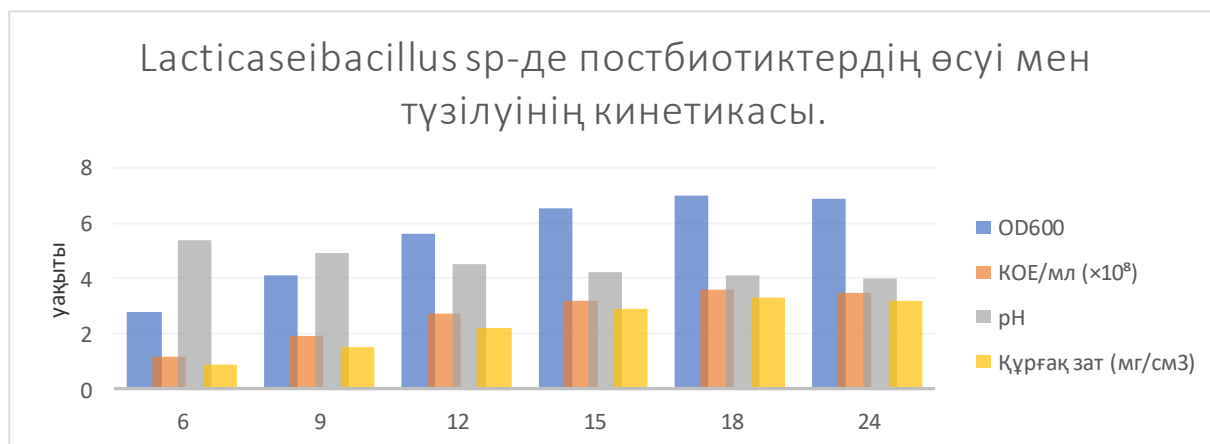
2. Микроорганизмдердің өсуі мен постбиотиктердің түзілу кинетикасы

Оңтайлы өсіру ұзақтығын анықтау және постбиотикалық метаболиттердің жинақталу динамикасын анықтау үшін *Lacticaseibacillus* sp штамдарының өсу кинетикасы бойынша зерттеулер жүргізілді., *Leuconostoc mesenteroides* және *Hanseniaspora Uvarum*. Өсіру бұрын анықталған оңтайлы жағдайларда жүргізілді: Lab үшін Температура – 30 °C, ашытқы үшін Температура – 32 °C, Lab үшін ортаның бастапқы PH – 6,5, ашытқы үшін ортаның бастапқы PH – 4,5, Lab аэрация режимі – 80-100 rpm, ашытқы аэрация режимі – 150 rpm, егу көлемі – 1 %. Дақылдар 100 мл қоректік ортасы бар 250 мл колбада өсірілді.

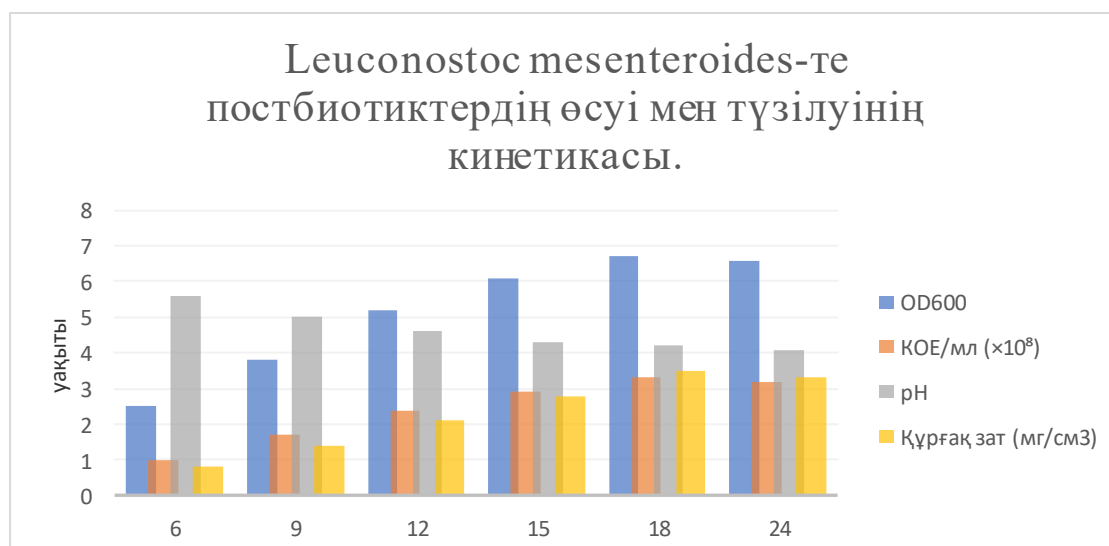
Өсу кинетикасын бағалау үшін сынамалар келесі уақыт аралықтарында алынды: 6, 9, 12, 15, 18 және 24 сағат өсіру. Әр нүктеде мыналар анықталды: мәдениеттің оптикалық

тығыздығы (OD_{600}), өміршең жасушалардың саны (cfu/мл), ортаның рН өзгеруі, постбиотикалық метаболиттердің шығуын сипаттайтын супернатанттың құрғақ қалдығы. (1-3 суреттер).

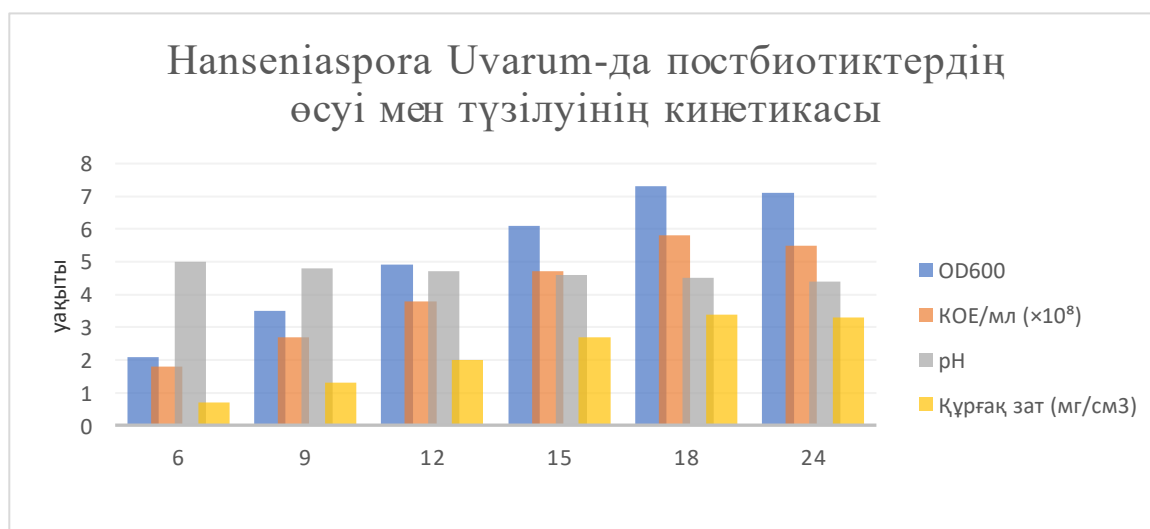
Зерттеу нәтижелері:



1-сурет – *Lacticaseibacillus* sp-де постбиотиктердің өсуі мен түзілуі



2-сурет – *Leuconostoc mesenteroides* -те постбиотиктердің өсуі мен түзілуі



3-сурет – *Hanseniaspora Uvarum*-да постбиотиктердің өсуі мен түзілуі

Нәтижелерді талқылау. Нәтижелер өсіру ұзақтығы микроорганизмдердің өсуіне және постбиотикалық метаболиттердің жиналуына айтарлықтай әсер ететінін көрсетті.

Lacticaseibacillus sp үшін. қарқынды өсу 9-18 сағат аралығында байқалды, бұл өсудің экспоненциалды фазасына сәйкес келеді. Оптикалық тығыздық пен супернатанттың құрғақ қалдықтарының максималды мәндері 18 сағаттық культурада тіркелді, бұл осы кезеңдегі метаболит синтезінің ең жоғары белсенділігін көрсетеді. Ұқсас динамика *Leuconostoc mesenteroides* үшін де байқалды. Биомассаның жоғарылауы органикалық қышқылдардың жиналуына байланысты ортаның рН біртіндеп төмендеуімен қатар жүрді. Постбиотикалық метаболиттердің максималды өнімділігі 18 сағаттық өсіруден кейін де тіркелді.

Hanseniaspora Uvarum үшін ең қарқынды өсу 12-18 сағат аралығында болды, содан кейін өсудің біртіндеп баяулауы және мәдениеттің стационарлық фазаға өтуі байқалды. Оптикалық тығыздықтың максималды мәндері ($OD = 7.3$) және құрғақ қалдық (3.4 мг / см³) 18 сағаттық өсіруде тіркелді. Өсіру ұзақтығының 24 сағатқа дейін одан әрі ұлғаюы биомассаның немесе метаболит концентрациясының айтарлықтай өсуіне әкелмеді, бұл мәдениеттің стационарлық өсу фазасына өтуін көрсетеді.

Осылайша, жүргізілген зерттеулер барлық зерттелетін штамдар үшін оңтайлы өсіру ұзақтығы шамамен 18 сағатты құрайтынын көрсетті, онда микроорганизмдердің максималды өсуі және постбиотикалық метаболиттердің ең көп шығымы байқалады.

Қорытынды. Зерттеуде аэрация режимі микроорганизмдердің өсуіне және постбиотикалық метаболиттердің синтезіне айтарлықтай әсер ететіні анықталды. *Lacticaseibacillus* sp үшін. және *Leuconostoc mesenteroides* максималды өсу орташа аэрацияда байқалды (80-100 rpm), ал постбиотиктердің ең көп шығымы анаэробты жағдайда қол жеткізілді. Аэрация қарқындылығының 150-180 rpm дейін жоғарылауы сүт қышқылы бактерияларының биомассасы мен метаболикалық белсенділігінің төмендеуіне әкелетіні көрсетілген, бұл тотығу стрессінің дамуына және ашыту жолдарының өзгеруіне байланысты болуы мүмкін [15].

Hanseniaspora uvarum үшін оптикалық тығыздықтың максималды мәндерін, өміршең жасушалардың концентрациясын және постбиотикалық метаболиттердің шығуын қамтамасыз ететін орташа аэрация режимі (150 rpm) оңтайлы болып табылады. Өсу кинетикасын зерттеу барысында барлық зерттелген штамдар үшін биомасса мен постбиотикалық қосылыстардың ең қарқынды жинақталуы 12-18 сағаттық культурада болатындығы анықталды.

Постбиотикалық метаболиттердің максималды өнімділігіне 18 сағаттық культурадан кейін қол жеткізілетіні анықталды, содан кейін культураның стационарлық фазаға ауысуы және көрсеткіштердің тұрақтануы байқалады. Өсіру ұзақтығының 24 сағатқа дейін ұлғаюы метаболиттердің өнімділігінің айтарлықтай өсуіне әкелмейді, бұл одан әрі өсіруді экономикалық тұрғыдан тиімсіз етеді.

Әдебиеттер:

- [1] **Liang, T.,** Xing J. Functional properties and safety traits of postbiotics from lactic acid bacteria // AMB Express, 2024. – Vol. 14.
- [2] **Петрусов, А.И.,** Котова И.Б. Общая микробиология: учебник. – М.: Академия, 2012. – 288 с.
- [3] **Кузнецов, А.Е.,** Градова Н.Б. Научные основы биотехнологии. – М.: Мир, 2006. – 504 с.
- [4] **Hussain, N.,** Tariq M., Saris P.E.J., Zaidi A. Evaluation of the probiotic and postbiotic potential of lactic acid bacteria // Journal of Infection in Developing Countries. – 2021. – Vol. 15. – № 1. – P. 102–112.
- [5] **Moradi, M.,** Kousheh S.A., Almasi H. et al. Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2020. – Vol. 19. – № 6. – P. 3390–3415.
- [6] **Morán, J.,** Kilasoniya A. Integration of postbiotics in food products through attenuated probiotics // Foods. – 2024. – Vol. 13. – № 13. – Art. 2042.

- [7] **Salminen, S.**, Collado M.C., Endo A. et al. The ISAPP consensus definition of postbiotics // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. – 2021. – Vol. 18. – P. 649–666.
- [8] **Vieira, A.T.**, Teixeira M.M., Martins F.S. The role of probiotics and postbiotics in health and disease // *Journal of Applied Microbiology*. – 2020. – Vol. 128. – P. 1121–1130.
- [9] **Zheng, X.**, Qiao Y., Rocchetti G. et al. Postbiotics: an insightful review of the latest category in functional biotics // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2024. – Vol. 40.
- [10] **Zhang, Z.**, Guan L.L. Postbiotics: an emerging option for gut health // *Nature*. – 2020.
- [11] **Khavkin, A.I.**, Kovtun T.A. Кисломолочные продукты и постбиотики // *РМЖ. Мать и дитя*. – 2023. – Т. 6. – № 4. – С. 417–424.
- [12] **Sadighbathi, S.** et al. Development and properties of functional yoghurt enriched with postbiotic produced by yoghurt cultures using cheese whey and skim milk // *Frontiers*. – 2023. – Vol. 14.
- [13] **Aguilar-Toalá, J.E.**, Garcia-Varela R., Garcia H.S. et al. Postbiotics: an evolving term within the functional foods field // *Trends in Food Science & Technology*. – 2018. – Vol. 75. – P. 105–114.
- [14] **Wegh, C.A.M.**, Geerlings S.Y., Knol J., Roeselers G., Belzer C. Postbiotics and their potential applications in early life nutrition and beyond // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20. – № 19. – Art. 4673.
- [15] **Hill, C.**, Guarner F., Reid G. et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. – 2014. – Vol. 11. – P. 506–514.

References:

- [1] **Liang, T.**, Xing J. Functional properties and safety traits of postbiotics from lactic acid bacteria // *AMB Express*. – 2024. – Vol. 14.
- [2] **Netrusov, A.I.**, Kotova I.B. *General Microbiology: Textbook*. – Moscow: Akademiya, 2012. – 288 p. [in Russian]
- [3] **Kuznetsov, A.E.**, Gradova N.B. *Scientific Fundamentals of Biotechnology*. – Moscow: Mir, 2006. – 504 p. [in Russian]
- [4] **Hussain, N.**, Tariq M., Saris, P.E.J., Zaidi, A. Evaluation of the probiotic and postbiotic potential of lactic acid bacteria // *Journal of Infection in Developing Countries*. – 2021. – Vol. 15. – №1. – P. 102–112.
- [5] **Moradi, M.**, Kousheh S.A., Almasi, H. et al. Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2020. – Vol. 19. – №6. – P. 3390–3415.
- [6] **Morán, J.**, Kilasoniya A. Integration of postbiotics in food products through attenuated probiotics // *Foods*. – 2024. – Vol. 13. – № 13. – Art. 2042.
- [7] **Salminen, S.**, Collado M.C., Endo, A. et al. The ISAPP consensus definition of postbiotics // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. – 2021. – Vol. 18. – P. 649–666.
- [8] **Vieira, A.T.**, Teixeira M.M., Martins F.S. The role of probiotics and postbiotics in health and disease // *Journal of Applied Microbiology*. – 2020. – Vol. 128. – P. 1121–1130.
- [9] **Zheng, X.**, Qiao Y., Rocchetti G. et al. Postbiotics: an insightful review of the latest category in functional biotics // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2024. – Vol. 40.
- [10] **Zhang, Z.**, Guan L.L. Postbiotics: an emerging option for gut health // *Nature*. – 2020.
- [11] **Khavkin, A.I.**, Kovtun T.A. Кисломолочные продукты и постбиотики // *РМЖ. Мать и дитя*. – 2023. – Т. 6. – № 4. – С. 417–424.
- [12] **Sadighbathi, S.** et al. Development and properties of functional yoghurt enriched with postbiotic produced by yoghurt cultures using cheese whey and skim milk // *Frontiers*. – 2023. – Vol. 14.
- [13] **Aguilar-Toalá, J.E.**, Garcia-Varela R., Garcia H.S. et al. Postbiotics: an evolving term within the functional foods field // *Trends in Food Science & Technology*. – 2018. – Vol. 75. – P. 105–114.
- [14] **Wegh, C.A.M.**, Geerlings S.Y., Knol J., Roeselers G., Belzer C. Postbiotics and their potential applications in early life nutrition and beyond // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – Vol. 20. – № 19. – Art. 4673.
- [15] **Hill, C.**, Guarner F., Reid G. et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. – 2014. – Vol. 11. – P. 506–514.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА АЭРАЦИИ И КИНЕТИКИ РОСТА НА БИОСИНТЕЗ ПОСТБИОТИЧЕСКИХ МЕТАБОЛИТОВ

Қабденова А.Т., PhD-докторант 1 курса ОП D111 «Производство продуктов питания»
Бейсембаева Г.Ш., PhD-докторант 3 курса ОП D111 «Производство продуктов питания»
Какимова Ж.Х., кандидат технических наук, ассоциированный профессор
Мирашева Г.О., кандидат технических наук, ассоциированный профессор

Шәкарім Университет, г.Семей, Қазақстан

Аннотация. В работе исследовано влияние режима аэрации и продолжительности культивирования на рост микроорганизмов и синтез постбиотических метаболитов. Объектами исследования служили штаммы *Lactocaseibacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* и *Hanseniaspora uvarum*. Культивирование проводили при ранее оптимизированных условиях с варьированием интенсивности аэрации и времени инкубации.

Установлено, что для молочнокислых бактерий (*Lactocaseibacillus* sp. и *Leuconostoc mesenteroides*) максимальный рост наблюдается при умеренной аэрации (80–100 rpm), тогда как наибольший выход постбиотиков достигается в анаэробных условиях. Для дрожжей *Hanseniaspora uvarum* оптимальным оказался режим умеренной аэрации (150 rpm), при котором фиксировались максимальные значения биомассы и сухого остатка метаболитов. Исследование кинетики роста показало, что пик накопления постбиотических метаболитов для всех штаммов достигается через 18 часов культивирования, что соответствует поздней экспоненциальной фазе роста. Увеличение времени инкубации до 24 часов не приводило к значительному повышению выхода метаболитов.

Полученные результаты позволяют определить оптимальные параметры культивирования для повышения эффективности получения постбиотиков и могут быть использованы при разработке биотехнологических процессов в пищевой и фармацевтической промышленности.

Ключевые слова: постбиотики, молочнокислые бактерии, дрожжи, аэрация, кинетика роста, культивирование, метаболиты.

EFFECT OF AERATION REGIME AND GROWTH KINETICS ON THE BIOSYNTHESIS OF POSTBIOTIC METABOLITES

Kabdenova A., 1st-year PhD student in the educational program D111 «Food Production»
Beisembayeva G., 3 st-year PhD student in the educational program D111 «Food Production»
Kakimova Zh., candidate of technical sciences, associate professor
Mirasheva G., candidate of technical sciences, associate professor

Shakarim University, Semey, Kazakhstan

Abstract. The work investigated the effect of aeration regime and cultivation duration on the growth of microorganisms and the synthesis of postbiotic metabolites. The objects of the study were the strains of *Lactocaseibacillus* sp., *Leuconostoc mesenteroides* and *Hanseniaspora uvarum*. Cultivation was carried out under previously optimized conditions, with varying aeration intensity and incubation time.

It has been established that for lactic acid bacteria (*Lactocaseibacillus* sp. and *Leuconostoc mesenteroides*), maximum growth is observed under moderate aeration (80–100 rpm), while the highest yield of postbiotics is achieved under anaerobic conditions. For the yeast *Hanseniaspora uvarum*, the optimal mode was moderate aeration (150 rpm), which resulted in the highest values of biomass and dry residue of metabolites. The growth kinetics study showed that the peak accumulation of postbiotic metabolites for all strains was reached after 18 hours of cultivation, which corresponds to the late exponential growth phase. Increasing the incubation time to 24 hours did not significantly increase the yield of metabolites.

The obtained results make it possible to determine the optimal cultivation parameters for increasing the efficiency of postbiotic production and can be used in the development of biotechnological processes in the food and pharmaceutical industries.

Keywords: postbiotics, lactic acid bacteria, yeast, aeration, growth kinetics, cultivation, metabolites

МАЙДА ТҮЙІРШІКТІ БЕТОНДАР ҮШІН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ БАЙЛАНЫСТЫРҒЫШ ЗАТТЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ АЛҒЫ ШАРТТАРЫ

Байтасов К., техника ғылымдарының кандидаты, доцент

kbaitasov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8818-3037>

Удербаетов С.С., техника ғылымдарының докторы, доцент

saken_uderbayev@korkut.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4492-8364>

Жапахова А.У., техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор

zhapakhova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2490-8200>

Бағдат Е.А., 7М07366 – Құрылыс материалдарын, бұйымдары мен конструкцияларын өндіру БББ-ның 1-курс магистранты

yerassilbagdat@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-7796-1914>

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ. Қазақстан

Андатпа. Қазіргі уақытта азаматтық және өнеркәсіптік құрылыстың конструкциялық материалы ретінде майда түйіршікті бетон құрылыстық материалтану саласында үздіксіз зерттелуде. Бұл қызығушылық майда түйіршікті бетон қоспаларын қолдану саласының кеңеюіне байланысты. Майда түйіршікті бетон қоспаларын қолдану сапалы бетондауды қамтамасыз етуге, күрделі монолитті темір бетон конструкцияларын салуға кететін еңбек шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Құрылыс тәжірибесіне майда түйіршікті бетондарды кеңінен енгізу қажеттілігі тиімді бетондармен темірбетон конструкцияларын дайындау үшін қажетті сапалы ірі толтырғыштың жетіспеушілігінен туындайды.

Құрылыс практикасына майда түйіршікті бетондарды кеңінен енгізу олардың отыруының жоғарылығымен, кеуектіліктің жоғары көрсеткіштерімен, жарыққа төзімділіктің төмендігімен, жоғары байланыстырғыш зат шығынымен шектеледі. Осыған байланысты пайдалану қасиеттері жоғары майда түйіршікті бетондарды жасау өзекті мәселе болып табылады. Бұл мәселе байланыстырғыш затты әзірлеуді, оңтайлы құрамды таңдауды, сондай-ақ технологиялық регламенттерді әзірлеуді қамтитын кешенді амалды қажет етеді. Сонымен қатар мұндайбетондардың қатаю және пайдалану ерекшеліктерін ескеру қажет. Сондықтан көрсеткіштері жоғары композициялықбайланыстырғыш заттықарастыруөте маңызды.

Жұмыста портландцементтен, сөндірілмеген әктен және белсенді минералды қоспадан тұратын композициялық байланыстырғыш заттың негізгі қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл композицияны едәуір жақсарту мүмкіндігі портландцементтің әкпен және қышқыл белсенді минералды қоспалармен үйлесуіне байланысты.

Тірек сөздер: майда түйіршікті бетон, портландцемент, ілеспе күл, әк, белсенді минералды қоспа, гидраттану, отыру, тығыздық, беріктік, кеуектілік.

Кіріспе. Бетон азаматтық және өнеркәсіптік құрылыстағы негізгі конструктивтік материал ретінде үздіксіз зерттеу нысаны болып табылады. Бүгінгі таңда әлемдік индустрияда пайдалану сипаттамалары жақсартылған жоғары сапалы және көпфункционалды бетондарды жасауға қызығушылық артып келеді. Бұл көбінесе бірегей ғимараттар мен құрылымдарды құруға бағытталған заманауи архитектураның дамуымен байланысты. Мұндай жобаларды жүзеге асыру арнайы материалдарды, соның ішінде жоғары технологиялық деңгейлі бетондарды қолдануды талап етеді.

Қазақстан Республикасында сәулеттік шешімдердің күрделенуімен және конструкцияларды арматуралау коэффициентінің жоғарылауымен қатар жүретін монолитті құрылыстың қарқынды дамуымайда түйіршікті бетон қоспаларын қолдану саласын кеңейтудің объективті қажеттілігін негіздейді. Тығыз арматуралық қаңқаның және геометриялық күрделі бөліктердің болуы дәстүрлі бетон қоспаларын тиімді жайғастыру және сапалы тығыздау үшін технологиялық кедергілерді тудырады, бұл қоспаның жобалық көлемде біркелкі таралуын қамтамасыз ету міндетінің өзектілігін айқындайды.

Майда түйіршікті бетон қоспаларын пайдалану арматура стерженьдері арасындағы кеңістікті толтыру процесін оңтайландырады, жақсартылған реологиялық сипаттамалар мен қоспа құрылымының жоғары біркелкілігін қамтамасыз етеді. Бұл қоспаларды қолдану әр түрлі модификациядағы бетон сорғы қондырғыларын ұтымды пайдалануға ықпал етеді, сол арқылы еңбек шығындарын азайтып, техникалық күрделі монолитті темірбетон конструкцияларын тұрғызудың қарқындылығын арттырады [1, 2].

Қазақстан Республикасының көптеген өңірлерінде қажетті сападағы ірі толтырғыштардың өткір тапшылығы, құрылыс материалдары нарығында бетондарды дайындау үшін қажетті көп фракциялы толтырғыштарды жеткізуге ұсыныстардың болмауы тиімді бетондар мен темірбетон конструкцияларын дайындау үшін майда түйіршікті бетондарды құрылыс практикасына кеңінен енгізу қажеттілігін негіздейді. Ірі толтырғыш тапшылығы бар аймақтарда оны жеткізу шығындары құнының 30...50% -на дейін жетуі мүмкін. Жергілікті құмдарды және қиыршық тастарды елеу қалдықтарын пайдалану бұл шығындарды толығымен жояды.

Сонымен қатар, әртүрлі мақсаттағы құрылыс конструкцияларын тұрғызу үшін майда түйіршікті бетондарды кеңінен қолдануды шектейтін бірқатар факторлар бар. Оларға цементтің үлкен шығыны, әртүрлі себепті отыру деформациялары, жоғары кеуектілік, жарылуға төзімділіктің төмендігі және басқалары жатады [3]. Майда түйіршікті бетонда үлкен толтырғыштың болмауына байланысты жылжу және деформациялану көбірек дамыған [4, 5]. Аталған кемшіліктерді еңсеру үшін құрылыс тәжірибесінде майда түйіршікті бетонды қолдану тиімділігін арттыратын техникалық және технологиялық шешімдерді әзірлеу және іске асыру қажет [6, 7].

Кеңейтетін қоспаларды қолдану отырудың майда түйіршікті бетондардың құрылымы мен қасиеттеріне зиянды әсерін жоюдың тиімді әдістерінің бірі болып табылады. Байланыстырғыш зат құрамына кеңейтетін қоспаларды енгізу арқылы қатаюдың бастапқы кезеңінде цемент тасы мен бетонның құрылымын қалыптастыру процестерінің дамуын белсенді түрде реттеуге болады. Отыру деформацияларының барлық түрлері қатаю процесінде дамитыны және жарылудың пайда болуының негізгі себебі болып табылатыны белгілі. Жарықтардың дамуы бетон мен арматураның коррозиясын тудырады, бұл бетон мен темірбетон конструкцияларының ұзаққа жарамдылығын төмендетеді немесе толығымен жояды [8-10].

Портландцемент құрамына толықтырғыштар түрінде енгізілген кезде гидравликалық белсенді минералды қоспалар негізгі портландцементтің дән аралық қуыстарын толтырады, сонымен қатар гидраттану кезінде жаңа түзілістердің пайда болуына ықпал етеді. Бұл жаңа түзілістер негізгі портландцементтің дән аралық кеңістігіндегі бос суды байланыстыра отырып, қосымша құрылымды құрайтын элементтер ролін атқарады [11, 12].

Осының нәтижесінде кеуектердің жалпы саны азаяды, сонымен қатар «цемент тасы – толтырғыш» байланысының тығыздығы артады. Бос кальций гидроксидін байланыстыра алатын гидравликалық белсенді микро толықтырғыштың мөлшерін анықтаған кезде, портландцементтегі дән аралық қуыстарды мейлінше көп толтыру принципіне ғана емес, сонымен қатар цемент қамырының жеткілікті сілтілі әлеуетін сақтауға тырысу керек. Сондықтан, аралас байланыстырғыш зат құрамын тағайындау кезінде микро толықтырғыштардың оңтайлы үлесін қабылдау қажет [13,14].

Майда түйіршікті бетонның техникалық қасиеттерін байланыстырғыш заттың оңтайлы дәндік құрамын қалыптастыру, яғни ірі дәндердің дән аралық кеңістігін майда бөлшектермен алмастыру арқылы жақсартуға болады. Портландцемент құрамына микро толықтырғыштардың оңтайлы таңдалған құрамын енгізген кезде, цемент бөлшектерінің дән аралық кеңістігінде бос суды ауыстыру қамтамасыз етіледі, бұл жоғары сапалы майда түйіршікті бетон алудың маңызды алғышарты болып табылады.

Гидравликалық белсенді микро толықтырғыштарды қолдану кезінде гидраттық жаңа түзілістердің қосымша мөлшеріне байланысты цемент тасының тығыздығы мен

беріктігін арттыру қамтамасыз етіледі. Сондықтан аралас құрамды байланыстырғыш заттың құрамына кеңейтетін қоспаларды енгізу цемент тасының құрылымы мен майда түйіршікті бетонның қасиеттерінің дамуына кешенді әсер етеді [15].

Әр түрлі авторлардың бұрын жасаған жұмыстарының нәтижелерін талдау көрсеткендей, майда түйіршікті бетон қоспаларында цементтің едәуір бөлігі клинкер бөлшектерінің жоғары тығыздығына байланысты тиімділігі төмен толтырғыш рөлін атқарады. Цемент микротолықтырғышын меншікті көлемі жоғары басқа затпен, мысалы, кальций гидроксидімен алмастыру орынды болып көрінеді.

Осы тұрғыдан портландцементтен, сөндірілмеген әктен және белсенді минералды қоспадан тұратын композициялық байланыстырғыш зат мұқият зерттеуге және өндіріске енгізуге лайық [16]. Оны цемент зауыттарында да, темірбетон зауыттарында да кәдімгі портландцементті, сөндірілмеген әкті және ұнтақталған әктің гидраттану процесін реттейтін қоспаларды бірге ұнтақтау арқылы жасауға болады.

Портландцементтің әкпен үйлесіміосы композицияны қышқыл белсенді минералды қоспаларды (трепел, опока, күл және т.б.) енгізу арқылы едәуір жақсартуға қосымша мүмкіндік береді. Соңғысы кальций гидроксидімен әрекеттесіп, кальций гидросиликаттарын меншікті көлемі үлкен, ерекше жоғары дисперсиялы бөлшектер түрінде құрайды. Гидросиликаттар тұтастай алғанда жүйенің беріктігін едәуір арттыруға, сондай-ақ құм аралық майда кеуектердің ішіндегі ауаны ығыстыра отырып, максималды толтыруға ықпал етеді.

Бұл композициялық байланыстырғыш заттың тағы екі маңызды қасиеті бар.

Біріншіден, бұл жоғары экзотермиялы байланыстырғыш зат, ол байланыстырғыш заттың бастапқы қатаю кезеңінде (2...4 сағат) кальций оксидінің гидраттануы нәтижесінде көп мөлшерде жылу (277 ккал/кг СаО) бөлінуіне байланысты. Жоғары мөлшерде жылу бөліну жүйенің қатаюын күрт жеделдетеді.

Екіншіден, құрамында әк болғандықтан композициялық байланыстырғыш зат көлемнің реттелетін кеңею қасиетіне ие болады, бұл отыруы аз бетондарды алуға және олардың жарылуға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Сонымен, бұл жұмыста зерттеу нысаны майда түйіршікті бетон дайындауға арналған композициялық байланыстырғыш зат болып табылады.

Жұмыстың мақсаты құрылыс тәжірибесіне майда түйіршікті бетондарды енгізу мақсатында оны қолданудың алғышарттарын анықтау үшін композициялық байланыстырғыш заттың қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Жұмыста келесі материалдар қолданылды: Шымкент цемент заводының М400 маркалы портландцементі; сөндірілмеген әк; ЖЭО ілеспе күлі; ірілік модулі $M_{кр} = 2,88$ құм. Химиялық қоспалар оспалар ретінде $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $CaCl_2$, суперпластификатор С-3 қолданылды.

Жұмыстың эксперименттік бөлігі бірқатар стандартты әдістерді қолдана отырып орындалды.

Цементтің қалыпты қоюлығы мен ілінісу мерзімдерін анықтау МемСТ 310.3-76 бойынша жүргізілді. Композициялық байланыстырғыш заттың белсенділігі массасы бойынша 1:3 құрамындағы созымды цемент ерітіндісінен жасалған 4x4x16 см өлшемді арқалықты үлгілерде анықталды (МемСТ 310.4 – 81).

Композициялық байланыстырғыш зат көлемінің өзгеру біркелкілігін анықтау қалыпты қоюлықтағы цемент қамырынан жасалған шелпек үлгілерде орындалды (МемСТ 310.3-76).

Цемент тасының кеуекті құрылымын зерттеу МБС-1 микроскопында 56x ұлғайту мен оптикалық микроскопия әдісімен жүргізілді. Цемент тасының үлгілерінен алынған препараттар (аншлифтер) канифольде алдын ала қайнатылды, сіңдіру тереңдігі 1...2мм болды. Содан кейін үлгілер тегістеу машинасында өңделді, бір тәулікке этил спиртіне салынып, спиртпен жуылды. Аншлифтің тазартылған бетіне 1мм аралықпен сызықтар жүргізілді. Кеуектерді өлшеу бүкіл аншлиф аймағында спираль бойымен

жүргізілді (МемСТ220023-76). Әр кеуектің диаметрі жеке өлшенді, бұл кеуектерді диаметрлердің белгілі бір аралықтары бойынша ажыратуға мүмкіндік берді. Бұл жағдайда саралау қадамы 100 мкм болды.

Композициялық байланыстырғыш заттың қатаюының әртүрлі кезеңдеріндегі фазалық құрамды зерттеу дифференциалды-термиялық және рентгендік құрылымдық талдау әдістерімен жүргізілді.

Композициялық байланыстырғыш заттың қатаю процесінде меншікті деформацияларды анықтау 40×40×160 мм арқалықтық үлгілерде орындалды, олардың ұштарында реперлер орнатылды және деформация сағат түріндегі индикатор көмегімен бақыланды.

Үлгілерді ұзақ уақыт қатайту, сондай-ақ жылуылғалды өңдеуден кейін үлгілерді сақтау ылғалдылығы 53...60% және 98% ортада, 20+2°С температурада жүргізілді.

Үлгілердің беріктігін анықтау МемСТ 310.4-81 бойынша жүргізілді.

Нәтижелер. Бұл жұмыста майда түйіршікті (құмды) бетондарды алу үшін пайдаланудың алдын-ала шарттарын анықтайтын композициялық байланыстырғыш заттың кейбір қасиеттері зерттелді. Зерттелетін композициялық байланыстырғыш зат портландцементтен, сөндірілмеген әктен және ЖЭО ілеспекүлінен тұрады және меншікті бетінің 4000...5100 см²/г шегіне дейін барлық компоненттерді бірге ұнтақтау арқылы дайындалады.

Жұмыста қолданылатын композициялық байланыстырғыш заттың сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

1-кесте – Композициялық байланыстырғыш заттың негізгі сипаттамалары

№	Құрамы, масса бойынша %			Меншікті беті, см ² /г	Қалыпты қоюлық, %	Ілінісу мерзімі, сағат-минут		28 тәулікте беріктік шегі, МПа	
	Портландцемент М400	Әк	ЖЭО күлі			басталу	аяқталу	сығылу	иілу
1	30	25	45	5100	35	0 - 25	1 - 05	28,0	4,95
2	50	20	30	4900	32	0 - 52	2 - 08	41,1	6,12
3	70	10	20	4650	31	1 - 15	2 - 24	42,6	7,15

Композициялық байланыстырғыш заттың қалыпты қоюлығы мен ілінісу мерзімін анықтау нәтижелері портландцементтің бір бөлігін әк және күлмен ауыстыру қалыпты қоюлықты арттыратынын және ілінісу мерзімін төмендететінін көрсетеді. Бұл жағдайда әкті қолдану ілінісу мерзімін қысқарту бағытында реттеуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, әк қосу бастапқы кезеңде қоспаның созымдылығын арттыратыны байқалды.

1-кестеден композициялық байланыстырғыш зат маркасының бастапқы портландцемент маркасынан төмен емес екенін көреміз. Бұл жағдайда композициялық байланыстырғыш заттың беріктігі клинкер бөлігін ұнтақтау есебінен емес, оның компоненттерінің өзара әрекеттесуі нәтижесінде қамтамасыз етіледі. Салыстыру үшін 50% бөлігі ұнтақталған бастапқы портландцемент және композициялық байланыстырғыш зат негізінде 1:3 (байланыстырғыш зат : құм) құрамдағы ерітіндіден үлгілер жасалды. Бұмен өңделгеннен кейін, ұнтақталған портландцемент негізіндегі үлгілердің сығылуға беріктігі 22,8 МПа және иілуге беріктігі 4,16 МПа, ал композициялық байланыстырғыш зат үлгілерінің беріктігі 23,2 және 4,54 МПа болды. 28 тәуліктен кейін үлгілердің бұл көрсеткіштері сәйкесінше келесі мәндерге ие болды: 38,1 және 5,82; 39,2 және 6,1 МПа.

Сынақ нәтижелері композициялық байланыстырғыш зат көлемнің өзгеруінің біркелкілігі сынағына төтеп бере алатынын көрсетеді.

Цемент тасы мен майда түйіршікті бетонның көптеген механикалық және физикалық қасиеттері цемент жаңа түзілістерінің химиялық құрамына ғана емес, сонымен қатар гидраттану өнімдерінің физикалық құрылымына да байланысты.

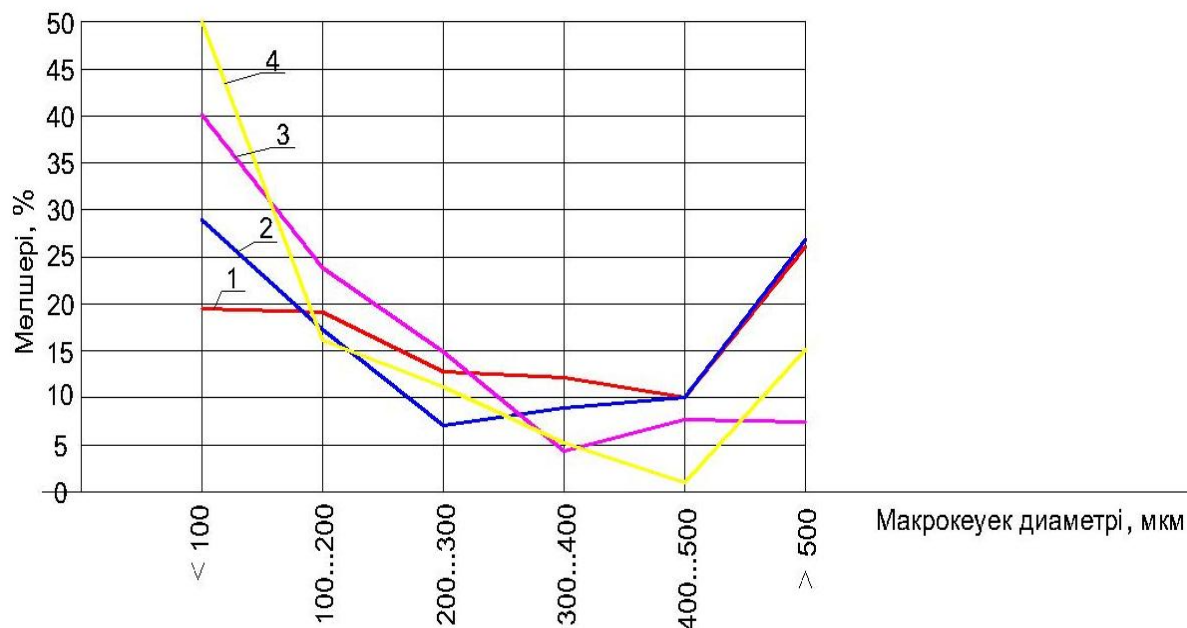
Қатайған цемент тасының кеуекті құрылымын зерттеу үшін композициялық байланыстырғыш зат үлгілері зерттелді. Қалыпты қоюлықтағы цемент қамырынан дайындалған (1 кесте бойынша №2 құрам) композициялық байланыстырғыш зат үлгілері 28 тәулік бойы судың үстінде, 20°C температурада қатайды.

Зерттеу нәтижелері 2-кестеде және 1-суретте келтірілген.

2-кесте – Алатын көлеміне байланысты макрокеуектердің өлшемдері бойынша таралуы, %

№	Цемент тасының құрамы	Қосынды макрокеуектілік, %	Макрокеуек диаметрі, мкм					
			0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500
1	Портландцемент М400	11,5	19,5	19,1	12,8	12,2	9,3	26,1
2	Композициялық байланыстырғыш зат	11,1	28,9	17,3	7,1	8,9	10,1	26,8
3	Композициялық байланыстырғыш зат +2% $Al_2(SO_4)_3$	7,91	40,1	23,9	14,85	4,3	7,65	7,46
4	Композициялық байланыстырғыш зат + 0,5% С-3	8,75	50,5	16,1	11,2	5,2	1,0	15,4

Ескерту: Химиялық қоспалар мөлшері байланыстырғыш зат массасынан %- тік үлесте.



1-сурет – Макрокеуектердің таралу кестесі

Зерттеу деректері портландцемент және химиялық қоспасыз композициялық байланыстырғыш зат үлгілерінің макрокеуектілік шамалары химиялық қоспа қосылған композициялық байланыстырғыш зат құрамының үлгілеріне қарағанда жоғары екенін көрсетеді. Қоспасыз үлгілердегі макрокеуектердің таралу сипаты кейбір айырмашылықтарына қарамастан өте ұқсас. Мысалы, жалпы кеуектіліктің ең үлкен шамасында (11,5%) ең кіші макрокеуектер (0...100 мкм) ең аз мөлшері (19,5%) портландцемент үлгісінде байқалады, ал КБЗ үлгілерінде 100 мкм дейінгі макрокеуектер мөлшері 28,9% құрайды. Химиялық қоспасыз үлгілердегі ең үлкен макрокеуектер (500 мкм) мөлшері өте жоғары - 26,1-ден 26,8% - ға дейін, 1250...1300 мкм өлшемді макрокеуектер кездеседі.

Химиялық қоспалар қосылған 3 және 4 үлгілерде жалпы кеуектіліктің 7,91...8,75%. - ге дейін төмендеуі байқалады. Сонымен қатар, ең кіші кеуектердің мөлшері артады, ал 0,5 мм өлшемді макрокеуектердің мөлшері қоспасыз үлгілермен салыстырғанда азаяды. 4-ші құрам үлгілерінде ұсақ кеуектердің мейлінше көп кезінде, өлшемдері 0,5 мм-ден асатын кеуектер мөлшері жеткілікті жоғары болуы, шамасы, қоспаның кейбір ауа ілестіруімен түсіндіріледі. Бұл кезде 4 құрам үлгілеріндегі макрокеуектердің ең үлкен өлшемі 750 мкм құрайды, ал 3 құрамдағы үлгілерде 1 мм-ге дейінгі кеуектер кездеседі.

Жоғарыда айтылғандардан химиялық қоспаларды қолданудың және композициялық байланыстырғыш заттың цемент тасын тығыздау және макрокеуектердің іріленуін бөлшектеу үшін оң нәтиже беретіні көрінеді, бұл майда түйіршікті бетондардың беріктігіне, аяз әсеріне төзімділігі мен су өткізбеушілігіне оң әсер етуі мүмкін.

Зерттеу нәтижелері композициялық байланыстырғыш зат цемент тасының құрылымында ұсақ макрокеуектердің мөлшері басым екенін көрсетеді. Химиялық қоспаларды енгізу цемент тасының тығыздығын арттыруға мүмкіндік береді.

Ұсақ түйіршікті бетондар үшін отыру деформацияларын азайтуды қамтамасыз ету қажеттілігіне байланысты, байланыстырғыш зат құрамына әк енгізу отыруды ішінара кеңейту арқылы өтей алады. Бұл жағдайда елеулі кеңеюге жол беруге болмайды, өйткені кері әсер алуға болады.

Аралас байланыстырғыш зат болып табылатын композициялық байланыстырғыш зат гидраттану және қатаю, химиялық қоспаларды енгізу және т. б. кезінде көлемін өзгертуге қабілетті.

Гидраттану кезінде цемент тасының көлемінің өзгеруін зерттеу нәтижесінде гидраттану кезінде цемент тасының кеңеюі композициялық байланыстырғыш зат құрамына, атап айтқанда әк пен күлдің мөлшеріне, сондай-ақ химиялық қоспаларға байланысты екендігі анықталды. 3-кестеден композициялық байланыстырғыш зат құрамын өзгерту арқылы Лосье классификациясы бойынша аздап кеңейетін, орташа кеңейетін және отырмайтын композициялар алуға болатынын көреміз.

3-кесте – Қатаю кезінде композициялық байланыстырғыш затты цемент тасының сызықтық ұлғаюы

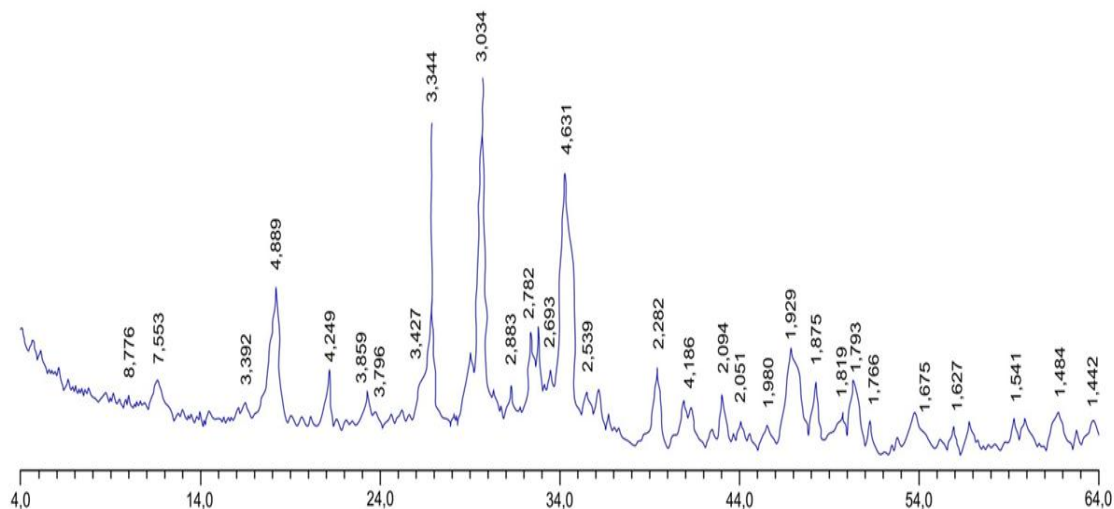
№	Химиялық қоспа		Сызықтық ұлғаю, мм			
	Түрі	Мөлшері, %	Қалыпты жағдайда қатаюдан кейін көрсетілген мерзімде			Булаудан кейін
			4 сағат	24 сағат	28 тәулік	
1	-	-	3,56	5,97	6,55	6,74
2	Гипс	0,5	9,64	10,3	10,8	10,8
3	Na ₂ SO ₄	2	6,26	7,23	7,23	9,16
4	Al ₂ (SO ₄) ₃	2	0,19	0,48	0,48	0,58
5	Fe ₂ (SO ₄) ₃	2	0,28	0,86	0,96	1,1
6	CaCl ₂	1	0,38	0,86	1,06	1,16

Ескерту: Композициялық байланыстырғыш зат құрамы 1-кесте бойынша №2

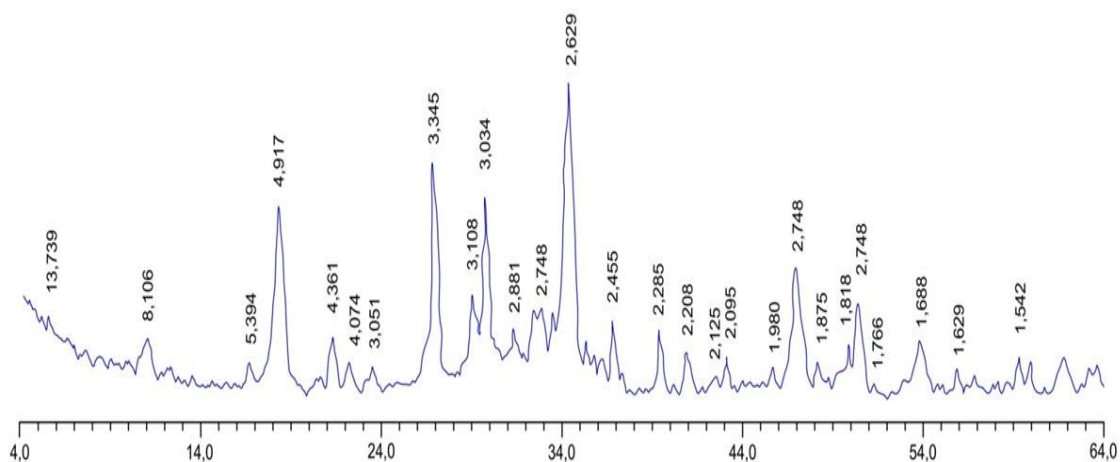
Композициялық байланыстырғыш заттың гидраттануы кезінде цемент тасының кеңеюі Са(ОН)₂ түзілуімен кальций оксидінің гидраттануы барысында «қопсу» құбылысынан туындайды. Кальций оксиді сумен әрекеттескенде өте ұсақ, борпылдақ ұнтақ түрінде Са(ОН)₂ түзеді. Бұл құбылыстың алдын алу үшін композициялық байланыстырғыш затына алюминий, темір сульфаттары немесе темір, кальций, натрий хлоридтері сияқты химиялық қоспалар қосу қажет. Композициялық байланыстырғыш заттың гидраттануы кезінде бұл тұздар кальций оксидімен әрекеттесіп, қосылыстар түзеді, олар өте жұқа қабықшалар түрінде кальций оксидінің бөлшектерін орап, оның сумен реакциясын күрт төмендетеді, монолитті қатайтын жүйенің «қопсымай» пайда болуын

және қоспа компоненттерін өзгерту арқылы тәжірибеде талап етілетін шектерде реттеуге бағынатын көлемді деформациялану қасиетін қамтамасыз етеді.

2 және 3-суретте CaCl_2 және Fe_2SO_4 қосылған композициялық байланыстырғыш зат цемент тасының рентгенограммасы көрсетілген. Бірінші рентгенограммада гидраттану кезінде кальций алюминатының гидромоноклориді түзілгені көрінеді. Екінші рентгенограммада гидроферриттердің, кальций гидросульфферриттерінің пайда болуын көрсететін сызықтар табылды.



2-сурет – CaCl_2 қосылған композициялық байланыстырғыш зат үлгісінің рентгенограммасы



3-сурет – Fe_2SO_4 қосылған композициялық байланыстырғыш зат үлгісінің рентгенограммасы

Қатаятын жүйенің кеңеюін реттеуде әк пен күлдің арақатынасы да маңызды роль атқарады, өйткені олардың кальций гидроксидіне қарағанда тығыз құрылымы бар гидратация өнімдерін шығарудағы өзара әрекеттесуі цемент тасының сызықтық кеңеюін реттеуге мүмкіндік береді.

Цемент тасының көлемдік өзгерістерін реттеу фактісі жарылуға төзімділігі жоғары отырмайтын, әлсіз және күшті кеңейетін қоспаларды алуға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе майда түйіршікті бетоннан конструкциялар өндіру үшін өте маңызды.

4-ші кестеде құрамы байланыстырғыш зат: құм = 1: 3 қатынастағы, композициялық байланыстырғыш зат негізіндегі майда түйіршікті (құмды) бетонның кеңеюін өлшеу нәтижелері келтірілген.

4-кесте – Майда түйіршікті (күмды) бетонның сызықтық ұлғаюы

№	Химиялық қоспа		В/Ц	Сызықтық ұлғаю,мм			
	Түрі	Мөлшері, %		Қалыпты жағдайда қатаюдан кейін, көрсетілген мерзімде			Булаудан кейін
				4 сағат	24 сағат	28 тәулік	
1	-	-	0,5	0,09	1,83	1.83	1.93
2	Fe ₂ (SO ₄) ₃	2	0,6	0	0.38	0.43	0.48
3	Na ₂ SO ₄	2	0,4	0,77	6,08	6.55	6.75
4	Гипс	2	0,4	1,16	6,31	7.03	7.13
5	CaCl ₂	2	0,48	1,83	3,37	2.02	3.36

Ескерту: Композициялық байланыстырғыш заттың құрамы 1 кесте бойынша №2

Бұл деректерден майда түйіршікті бетонның қатаюдың бастапқы кезеңінде кеңеюге ие болатынын көреміз. Бүмен өңдеу кезінде кеңею мөлшерінің жоғарылауы байқалады, бұл жоғары температура жағдайында жаңа түзілістер кристалдарының іріленуімен түсіндіріледі.

Қорытындылар

1. Майда түйіршікті бетондарды жасау кезінде қоспаның құрамдас бөліктерінің құрылымы мен орналасуына, сондай-ақ байланыстырғыш зат пен бетонның қатаю кезіндегі деформациясына назар аудару қажет.

2. Композициялық байланыстырғыш затты қолдану перспективалы шешім болып табылады, өйткені ол цемент тасының да, ұсақ түйіршікті бетонның да кеуектілігі мен отыруын азайтуға, байланыстырғыш заттың қымбат клинкерлік бөлігінің шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Цемент тасының көлемдік өзгерістерін реттеу кеңеюі әртүрлі дәрежедегі қоспаларды алуға мүмкіндік береді.

3. Химиялық қоспаларды қолдану цемент тасының тығыздалуына және макрокеуектерді ірілігінің ыдырауына әкеледі, бұл ұсақ түйіршікті бетондардың беріктігіне, аязға төзімділігіне және су өткізбеушілігіне оң әсер етеді.

Әдебиеттер:

[1] **Баженов, Ю.М.** Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – МоскБЗа: Изд-во Ассоц. строительных вузов, 2006. – 368 с.: ил., табл.: 21 см.; ISBN 5-93093-422-3.

[2] **Bazhenov, Y., Bulgakov B., Alexandrova O.** Modified fine-grained concrete for facing and repair of the hydraulic structures. MATEC Web of Conferences 5th International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education”, IPICSE 2016. 2016; 03009. DOI: 10.1051/matecconf/20168603009. Д л я ц и т и р о в а н и : Харченко А.И., Алексеев В.А., Харченко И.Я., Баженов Д.А. Структура и свойства мелкозернистых бетонов на основе композиционных вяжущих // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 3. С. 322–331. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.3.322-331>

[3] **Баженов, Ю.М.,** Воронин В.В., Алимов Л.А., Соловьев В.Н., Ларсен О.А. Эффективные малоцебеночные бетоны // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – Том 9. – №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

[4] **Bakhrakh, A., Solodov A., Larsen O., Naruts V., Aleksandrova O., Bulgakov B.** SCC with high volume of fly ash content. MATEC Web of Conferences International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”. 2017; 106:03016. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201710603016>

[5] **Баженов, Ю.М.,** Чернышов Е.М., Коротких Д.Н. Конструирование структур современных бетонов: определяющие принципы и технологические платформы // Строительные материалы, 2014. – №3. – С. 6-14.

[6] **Харченко, А.И.,** Алексеев В.А., Харченко И.Я., Баженов Д.А. Структура и свойства мелкозернистых бетонов на основе композиционных вяжущих // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 3. С. 322–331. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.3.322-331>

- [7] **Qi Cao**, Zhongguo John Ma. Structural behavior of FRP enclosed shrinkage-compensating concrete (SHCC) beams made with different expansive agents. *Construction and Building Materials*. 2015; 75:450-457. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.045>
- [8] **Харченко, И.Я.**, Пустовгар А.П., Пашкевич С.А., Еремин А.В., Иванова И.С., Баженов Ю.М., Харченко А.И. Гидратация и структурообразование при твердении расширяющихся цементов в условиях ограниченных деформаций // *Инженерно-строительный журнал*, 2017. – №7 (75). – С. 161–170.
- [9] **Alekseev, V.A.**, Bazhenov Yu.M., Bazhenova S.I., Bazhenova O.Yu., Golovashchenko N.A., Mironchuk N.S. Modified binder for sprayed concrete. *BST — Bulletin of Construction Equipment*. 2018; 5(1005):18-19.
- [10] **Ahmed, T.** ECO-UHPC with High-Volume Class-F Fly Ash: New Insight into Mechanical and Durability Properties // *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2021. – № 33. – Vol. 7. URL: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0003726> (дата обращения: 07.11.2021).
- [11] **Рязанов, А.Н.**, Рахимов Р.З., Винниченко В.И., Рязанов А.А., Рахимова Н.Р., Недосеко И.В. Энергоэффективная совмещенная технология композиционных вяжущих // *Строительные материалы*. 2019. №12. С. 62–67. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-62-67>
- [12] **Carballosa, P.**, García Calvo J.L., Revuelta D., Sánchez J.J., Gutiérrez J.P. Influence of cement and expansive additive types in the performance of selfstressing and self-compacting concretes for structural elements. *Construction and Building Materials*. 2015; 93:223-229. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.113>
- [13] **Bazhenov, Y.M.**, Erofeev V.T., Rimshin V.I., Markov S.V., Kurbatov V.L. Changes in the topology of a concrete porous space in interactions with the external medium. *Engineering Solid Mechanics*. 2016; 4:219225. <https://doi.org/10.5267/j.esm.2016.5.001>
- [14] **Apih, T.**, Lahajnar G., Sepe A., Blinc R., Milia F., Cvelbar R. et al. Proton spin–lattice relaxation study of the hydration of self-stressed expansive cement. *Cement and Concrete Research*. 2001; 31(2):263-269. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00460-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00460-9)
- [15] **Соловьев, В.И.**, Ткач Е.В., Серова Р.Ф., Тоимбаева Б.М., Сейдинова Г.А. Исследование пористости цементного камня, модифицированного органоминеральными модификаторами // *Фундаментальные исследования*. 2014. №8-3. С.590-595
- [16] **Волженский, А.В.**, Байтасов К. и др. Авторское свидетельство № 1693856.

References:

- [1] **Bazhenov, Ju.M.** Modificirovannye vysokokachestvennye betony / Ju.M. Bazhenov, V.S. Dem'janova, V.I. Kalashnikov. – MosKBZa: Izd-vo Assoc. stroitel'nyh vuzov, 2006. – 368 s.:il., tabl.: 21 sm.; ISBN 5-93093-422-3. [in Russian]
- [2] **Bazhenov, Y.**, Bulgakov B., Alexandrova O. Modified fine-grained concrete for facing and repair of the hydraulic structures. *MATEC Web of Conferences 5th International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education”, IPICSE 2016*. 2016; 03009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168603009>.
- [3] **Bazhenov, Ju.M.**, Voronin V.V., Alimov L.A., Solov'ev V.N., Larsen O.A. Jefferktivnye maloshhebenochnye betony // *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» Tom 9, №6 (2017)* <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN617.pdf> (dostup svobodnyj). Zagl. s jekrana. Jaz. rus., angl. [in Russian]
- [4] **Bakhrakh, A.**, Solodov A., Larsen O., Naruts V., Aleksandrova O., Bulgakov B. SCC with high volume of fly ash content. *MATEC Web of Conferences International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”*. 2017; 106:03016. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710603016>
- [5] **Bazhenov, Ju.M.**, Chernyshov E.M., Korotkih D.N. Konstruirovaniye struktur sovremennykh betonov: opredelajushhie principy i tehnologicheskie platformy. *Stroitel'nye materialy*. 2014;3: S. 6-14 [in Russian]
- [6] **Harchenko, A.I.**, Alekseev V.A., Harchenko I.Ja., Bazhenov D.A. Struktura i svojstva melkozernistykh betonov na osnove kompozicionnykh vjazhushhih // *Vestnik MGSU*. 2019. T. 14. Vyp. 3. S. 322–331. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.3.322-331> [in Russian]
- [7] **Qi Cao**, Zhongguo John Ma. Structural behavior of FRP enclosed shrinkage-compensating concrete (SHCC) beams made with different expansive agents. *Construction and Building Materials*. 2015; 75:450-457. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.045>

- [8] **Harchenko, I.Ja.**, Pustovgar A.P., Pashkevich S.A., Eremin A.V., Ivanova I.S., Bazhenov Ju.M., Harchenko A.I. Gidratacija i strukturoobrazovanie pri tverdenii rasshirajushhija cementov v uslovijah ogranichennoj deformacij // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2017. № 7(75). S. 161–170. [in Russian]
- [9] **Alekseev, V.A.**, Bazhenov Yu.M., Bazhenova S.I., Bazhenova O.Yu., Golovashchenko N.A., Mironchuk N.S. Modified binder for sprayed concrete. BST – Bulletin of Construction Equipment. 2018; 5(1005):18-19.
- [10] **Ahmed, T.** ECO-UHPC with High-Volume Class-F Fly Ash: New Insight into Mechanical and Durability Properties // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2021. – No. 33. – Vol. 7. URL: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0003726> (дата обращения: 07.11.2021).
- [11] **Rjazanov A.N.**, Rahimov R.Z., Vinnichenko V.I., Rjazanov A.A., Rahimova N.R., Nedoseko I.V. Jenergojeffektivnaja sovmeshennaja tehnologija kompozicionnyh vjazhushhih // Stroitel'nye materialy. 2019. № 12. S. 62–67. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-62-67>. [in Russian]
- [12] **Carballosa, P.**, García Calvo J.L., Revuelta D., Sánchez J.J., Gutiérrez J.P. Influence of cement and expansive additive types in the performance of self-stressing and self-compacting concretes for structural elements. Construction and Building Materials. 2015; 93:223-229. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.113>
- [13] **Bazhenov, Y.M.**, Erofeev V.T., Rimshin V.I., Markov S.V., Kurbatov V.L. Changes in the topology of a concrete porous space in interactions with the external medium. Engineering Solid Mechanics. 2016; 4:219-225. <https://doi.org/10.5267/j.esm.2016.5.001>
- [14] **Apih, T.**, Lahajnar G., Sepe A., Blinc R., Milia F., Cvelbar R. et al. Proton spin-lattice relaxation study of the hydration of self-stressed expansive cement. Cement and Concrete Research. 2001; 31(2):263-269. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00460-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00460-9)
- [15] **Solov'ev, V.I.**, Tkach E.V., Serova R.F., Toimbaeva B.M., Sejdinova G.A. Issledovanie poristosti cementnogo kamnja, modificirovannogo organomineral'nymi modifikatorami//Fundamental'nye issledovaniya. 2014. №8-3. S.590-595. [in Russian]
- [16] **Volzhenskij, A.V.**, Baitasov K. i dr. Avtorskoe svidetel'stvo № 1693856. [in Russian]

ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ

Байтасов К., кандидат технических наук, доцент

Удербасов С.С., доктор технических наук, доцент

Жапахова А.У. кандидат технических наук, ассоциированный профессор

Бағдат Е.А. магистрант 1-курса ОП 7М07366 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г.Кызылорда, Казахстан

Аннотация. В настоящее время мелкозернистый бетон, как конструкционный материал гражданского и промышленного строительства, изучается в строительном материаловедении непрерывно. Такой интерес обусловлен расширением области применения мелкозернистых бетонных смесей. Применение мелкозернистых бетонных смесей позволяет обеспечить качественное бетонирование, сократить трудозатраты на возведение сложных монолитных железобетонных конструкций. Необходимость широкого внедрения в строительную практику мелкозернистых бетонов обусловлена также дефицитом качественного крупного заполнителя, необходимого для приготовления эффективных бетонов и железобетонных конструкций.

Широкое внедрение мелкозернистых бетонов в практику строительства ограничивается их повышенной усадкой, высокими показателями пористости, низкой трещиностойкости, повышенным расходом вяжущего. В связи с этим разработка мелкозернистых бетонов, обладающих повышенными эксплуатационными свойствами является актуальной задачей. Эта задача требует комплексного подхода, включающего разработки вяжущего, подбора оптимального состава, а также разработки технологических регламентов. При этом необходимо учитывать особенности твердения и эксплуатации таких бетонов. Поэтому важно рассмотреть вопрос создания композиционного вяжущего, обладающего наилучшими показателями.

В работе представлены результаты исследования основных свойств композиционного вяжущего, состоящего из портландцемента, негашеной извести и активной минеральной добавки. Возможность значительного улучшения данной композиции обусловлена сочетанием портландцемента с известью и кислых активных минеральных добавок.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, портландцемент, зола-унос, известь, активная минеральная добавка, гидратация, усадка, плотность, прочность, пористость.

PREREQUISITES FOR THE USE OF COMPOSITE BINDERS FOR FINE-GRAINED CONCRETE

Baitasov K. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Uderbayev S.S. Doctor of Technical Sciences, professor

Zhapakhova A.U. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Bagdat E. 1st-year Master's student of the educational program 7M07366 – Production of Construction Materials, Products and Structures

Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

Annotation. Currently, fine-grained concrete, as a structural material for civil and industrial construction, is continuously studied in building materials science. This interest is due to the expansion of the field of application of fine-grained concrete mixtures. The use of fine-grained concrete mixes makes it possible to ensure high-quality concreting and reduce labor costs for the construction of complex monolithic reinforced concrete structures. The need for widespread introduction of fine-grained concrete into construction practice is also due to the shortage of high-quality coarse aggregate necessary for the preparation of effective concrete and reinforced concrete structures. The widespread introduction of fine-grained concretes into construction practice is limited by their increased shrinkage, high porosity, low crack resistance, and increased binder consumption. In this regard, the development of fine-grained concretes with enhanced performance properties is an urgent task.

This task requires an integrated approach, including the development of a binder, the selection of the optimal composition, as well as the development of technological regulations. At the same time, it is necessary to take into account the peculiarities of hardening and operation of such concretes. Therefore, it is important to consider creating a composite binder with the best performance. The paper presents the results of a study of the basic properties of a composite binder consisting of Portland cement, quicklime and an active mineral additive. The possibility of a significant improvement in this composition is due to the combination of Portland cement with lime and acidic active mineral additives.

Keywords: fine-grained concrete, Portland cement, fly ash, lime, active mineral additive, hydration, shrinkage, density, strength, porosity.

Руководство для авторов по оформлению рукописей

Готовая научная работа для публикации в журнале «Технические науки и технологии» может быть подана автором (авторами) через систему онлайн подачи статей на сайте vestnik.korkyt.kz, используя специальные инструкции. Статья должна быть написана в формате Word в Windows 10 шрифтом Times New Roman (статья, не написанная в соответствии с этим требованием, не будет принята автоматически). Язык публикаций казахский, русский, английский. **Структура и оформление статьи:**

1. Объем статьи в пределах от 6 до 12 страниц (не менее 6 страниц, за исключением аннотаций и списка литературы).

- Схема построения статьи (страница – А 4, книжная ориентация, поля с левой, верхней и нижней сторон – 2,5 см, с парвой – 2,0 мм. Шрифт: тип – Times New Roman, размер (кегель) – 12) (В формате Word в операционной системе Windows 10):

- индекс МРНТИ - первая строка сверху слева (<http://mrnti.ru>); индекс DOI (предоставляется редакцией журнала);

- название статьи – прописными буквами по центру полужирным шрифтом, размер-12;

- инициалы и фамилию автора(ов) – по центру полужирным шрифтом, размер (кегель) – 11 (адрес эл.почты авторов, номер орсид, количество авторов не должно превышать 5 человек);

- полное наименование организации, город, страна – по центру, курсив, размер - 11.

- **Аннотация** на языке оригинала (**150-200** слов; сохраняя структуру статьи) размер-11.

- **Ключевые слова** (на казахском, русском, английском от 5 до 8 слов/словосочетаний) размер (кегель) - 11.

- Основной текст (12 шрифт, межстрочный интервал - 1, отступ «красной строки» - 1,25 см), структура:

2. **Введение:** обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы, определение объекта, предмета, целей, задач, методов, подходов, гипотезы и значения работы.

3. **Материалы и методы исследования:** должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

4. В статье нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте. В ссылках в тексте указывается в квадратных скобках.

5. **результаты/обсуждение:** приводится анализ и обсуждение полученных результатов исследования.

6. **заключение/выводы:** обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором.

Список литературы (размер (кегель) – 11, количество используемой литературы не менее 15). При наличии в списке литературы работ, представленных на кириллице, список литературы должен быть представлен в двух вариантах: первый - в оригинале, второй - в латинизированном алфавите (транслитерация). Список ссылок в статье должен содержать только рецензируемые литературные источники, литературу с индексом DOI. Список латинизированной литературы должен быть подготовлен через сайт <http://www.translit.ru>.

7. Сведения об авторах: (должны содержать ФИО автора (ов), полное наименование организации, город, страна, контактные данные: телефон, эл.почта, номер орсид) на 3-х языках.

8. Статья должна обладать не менее 80% уникальности текста для публикаций. В случае если оригинальность статьи ниже 80%, работа будет возвращена автору для исправления и корректировки. После вторичной проверки статья набирает необходимого показателя в антиплагиат, направляется на рассмотрение редакционной коллегии. Статья, не отвечающая соответствующим требованиям, оригинальность которой, проверена дважды, к публикации не принимается. После положительного отзыва рецензентов, статья принимается для публикации в журнал и автору направляется уведомление об оплате. Автор обязан отправить квитанцию об оплате на электронную почту редакции. (Technique_Journal@korkyt.kz).

Manual for authors of manuscripts

Ready scientific work for publication in the journal «Technical sciences and technologies» can be submitted by the author (authors) through the system of online submission of articles on the site vestnik.korkyt.kz, using special instructions. The article should be written in Word format in Windows 10 in Times New Roman font (an article not written in accordance with this requirement will not be accepted automatically). Language of publications Kazakh, Russian, English.

Structure and design of the article:

1. The size of the article ranges from 6 to 12 pages at least 6 pages, excluding annotations and bibliography).

- description of the scheme of the article (page - A 4, book orientation, indents are calculated with respect to the left top and bottom sides page margins – 2.5 m, with right - 2.0 m, Standard font: type - Times New Roman, size (font) - 12) (Word format on Windows 10 operating system):

- the ISTIR index is the first line at the top left (<http://grnti.ru>).
- DOI index (provided by the editorial office);
- title of article – with capital letters, alignment on the center in bold, size (font) 12.
- initials and last name of author(s) - alignment on the center in bold, size (font) – 11, (e-mail address of the authors, orsid number, the number of authors should not exceed 5 people);
- the full name of the organization, city, country, alignment on the center, italic, size (font) - 11.

- **Annotation** in the original language (150-200 words; retaining the structure of the article) size (font) - 11.

- **Keywords** (in Kazakh, Russian, English from 5 to 8 words/phrases) size (font) - 11.

- **Main text** (12 font, line spacing - 1, indentation of red line#- 1.25 cm)

- Structure:

2. **Introduction:** rationale for the selection of the topic; relevance of the topic or problem; definition of the object, subject, objectives, tasks, methods, approaches, hypotheses and meanings of the work.

3. **Research materials and methods:** should consist of a description of the materials and the progress of work, as well as a full description of the methods used.

4. In the article, only those formulas that are referenced in the text are numbered. References in the text are indicated in square brackets.

5. **Results/discussion:** an analysis and discussion of the results of the study is given.

6. **Conclusion/conclusions:** summarizing and summarizing the work at this stage; confirmation of the truth of the assertion put forward by the author.

List of references (size (point size) - 11, the number of used literature is at least 15). If there are works presented in Cyrillic in the list of references, the list of references should be presented in two versions: the first - in the original, the second - in the Latinized alphabet (transliteration). The list of references in the article should contain only peer-reviewed literary sources, literature with a DOI index. The list of romanized literature should be prepared through the site <http://www.translit.ru>.

7. Information about the authors: (should contain the full name of the author (s), full name of the organization, city, country, contact details: telephone, e-mail, orsid number) in 3 languages.

8. The article must have at least 80% uniqueness of the text for publication. If the originality of the article is below 80%, the work will be returned to the author for correction and correction. After a secondary check, the article gains the required indicator in anti-plagiarism, and is sent for consideration by the editorial board. An article that does not meet the relevant requirements, the originality of which is double-checked, is not accepted for publication. After a positive feedback from the reviewers, the article is accepted for publication in the journal and the author is sent a notification of payment. The author is obliged to send a payment receipt to the editorial office by e-mail (Technique_Journal@korkyt.kz)

МАЗМҰНЫ

Удербасев С.С., Ишанғали А.Б. Автомобиль шинасы үгінділерін асфальтты-бетон құрамына қосудың тиімділігі	4
Шерязов С.К., Шелубаев М.В. Ауылшаруашылығын электрмен жабдықтау жүйесінде жел электр станциясының параметрлерін таңдау	12
Таңжарықов П.Ә., Оракова А.Н. Ұңғымалық электр ортадан тепкіш сораптардың төзімділігін арттыру	20
Қабденова А.Т., Бейсембаева Г.Ш., Какимова Ж.Х., Мирашева Г.О. Аэрация режимі мен өсу кинетикасының постбиотикалық метаболиттер биосинтезіне әсері	29
Байтасов К., Удербасев С.С., Жапаханова А.У., Бағдат Е.А. Майда түйіршікті бетондар үшін композициялық байланыстырғыш затты пайдаланудың алғы шарттары	36

СОДЕРЖАНИЕ

Удербасев С.С., Ишанғали А.Б. Эффективность использования крошки автомобильных шин в составе асфальтобетона	4
Шерязов С.К., Шелубаев М.В. Выбор параметров ветроэлектрической станции в системе сельского электроснабжения	12
Таңжарықов П.А., Оракова А.Н. Повышение долговечности установок электроцентробежных насосов	20
Қабденова А.Т., Бейсембаева Г.Ш., Какимова Ж.Х., Мирашева Г.О. Влияние режима аэрации и кинетики роста на биосинтез постбиотических метаболитов	29
Байтасов К., Удербасев С.С., Жапаханова А.У., Бағдат Е.А. Предпосылки использования композиционного вяжущего для мелкозернистых бетонов	36

CONTENT

Uderbayev S., Ishangali A. Effectiveness of using crumb rubber from automobile tires in asphalt concrete composition	4
Sheryazov S.K., Shelubaev M.V. Selection of wind farm parameters in the rural electricity supply system	12
Tanzharikov P.A., Orakova A.N. Improving durability of electric submersible pump units	20
Kabdenova A., Beisembayeva G., Kakimova Zh., Mirasheva G. Effect of aeration regime and growth kinetics on the biosynthesis of postbiotic metabolites	29
Baitasov K., Uderbayev S., Zhapakhova A., Bagdat E. Prerequisites for the use of composite binders for fine-grained concrete	36

Техника ғылымдары
және технологиялар
журналы

Журнал
Технические науки
и технологии

Technical science
and technology
journal

2023 жылдан бастап шығады
Издается с 2023 года
Published since 2023

Жылына төрт рет шығады
Издается четыре раза в год
Issued quarterly

Редакция мекен-жайы:
120014, Қызылорда қаласы,
Әйтеке би көшесі, 29 «А»,
Қорқыт Ата атындағы
Қызылорда университеті

Адрес редакции:
120014, город Кызылорда, ул.
Айтеке би, 29 «А»,
Кызылординский университет
им. Коркыт Ата

Address of edition:
120014, Kyzylorda city,
29 «A» Aiteke bie str.,
Korkyt Ata Kyzylorda
University

Телефон: (7242) 27-60-27
Факс: 26-27-14
E-mail:
Technique_Journal@korkyt.kz

Телефон: (7242) 27-60-27
Факс: 26-27-14
E-mail:
Technique_Journal@korkyt.kz

Tel: (7242) 27-60-27
Fax: 26-27-14
E-mail:
Technique_Journal@korkyt.kz

Құрылтайшысы: «Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КеАҚ
Учредитель: НАО «Кызылординский университет им. Коркыт Ата»
Founder: «Korkyt Ata Kyzylorda University» NJSC

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігі
берген бұқаралық ақпарат құралын есепке алу куәлігі
алғашқы тіркеу № KZ KZ37VPY00066487 16-наурыз, 2023 ж
қайта тіркеу № KZ44VPY00096431 9-маусым, 2024 ж

Техникалық редакторы: Абуова Н.А.
Компьютерге беттеген Махашов А.А.

Теруге 15.06.2026 ж. жіберілді. Басуға 27.06.2026 ж. қол қойылды.
Форматы 60 × 841/8. Көлемі 3,2 шартты баспа табақ. Индекс 76216.
Таралымы 50 дана. Тапсырыс 0235 Бағасы келісім бойынша.

Сдано в набор 15.06.2024 г. Подписано в печать 27.06.2024 г.
Формат 60 × 841/8. Объем 3,2 усл. печ. л. Индекс 76216.
Тираж 50 экз. Заказ 0235. Цена договорная.

Жарияланған мақала авторларының пікірі редакция көзқарасын білдірмейді. Мақала мазмұнына автор жауап береді. Қолжазбалар өңделеді және авторға қайтарылмайды. «Техника ғылымдары және технологиялар» журналында жарияланған материалдарды сілтемесіз көшіріп басуға болмайды.

Опубликованные статьи не отражают точку зрения редакции. Автор несет ответственность за содержание статьи. Рукописи редактируются и авторам не возвращаются. Материалы, опубликованные в журнале «Технические науки и технологии», не могут воспроизведены без ссылки.

The published articles do not reflect the editorial opinion. The author is responsible for the content of the article. Manuscripts are edited and are not returned the authors. Materials published in the journal «Technical science and technology» can not be republished without reference.

Университет баспасы, 120014, Қызылорда қаласы, Әйтеке би көшесі, 29А.