

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ КОРПОРАЦИЯСЫ



И.Б. Ташмуханбетова

ЖҰҚАДИСПЕРСТІ МИНЕРАЛДЫ
ТҮЙІРШІКТІ ЖҮЙЕЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ
СҮЙЫҚ ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ЖАБЫНДАР

Монография

Алматы – 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ КОРПОРАЦИЯСЫ

И.Б. Ташмуханбетова

**ЖҰҚАДИСПЕРСТІ МИНЕРАЛДЫ
ТҮЙІРШІКТІ ЖҮЙЕЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ
СҰЙЫҚ ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ЖАБЫНДАР**

Монография

Алматы – 2024

ӨОЖ 536.212.3
КБЖ 38.307.6
Т23

Пікір жазғандар: РНД, Халықаралық білім беру корпорациясы қауымдастырылған профессоры **Ж.Н. Молдамуратов**, техника ғылымдарының докторы, Қ.И. Сәтпаев ат. ҚазҰТЗУ профессоры **Бесімбаев Е.Т.**, техника ғылымдарының докторы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті профессоры **Джумабаев А.А.**

Автор: И.Б. Ташмуханбетова

Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізіндегі сұйық жылуоқшаулағыш жабындар: Монография. – Алматы: ХБК, 2024. – 96 б.

ISBN 978-601-08-4636-4

Монографияда жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеу және қолдану әдістері қарастырылған. Максималды жылуоқшаулау сипаттамаларына қол жеткізу үшін онтайлы гранулометриялық композиция мен жабын құрылымын құру әдістері ұсынылған. Минералды материалдардың түрлері, олардың қасиеттері және жылу өткізгіштікке, химиялық төзімділікке және жабындардың климаттық төзімділігіне әсері сипатталған. Байланыстырушы материалдарды тандауға және әр түрлі беттерге жабындарды қолдану әдістеріне ерекше назар аударылады. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері және аталған жабындарды құрылыс пен өнеркәсіпте сәтті қолдану мысалдары келтірілген. Монография жылуоқшаулағыш жабындарды зерттеумен және дамытумен айналысатын көптеген мамандарға арналған.

Халықаралық білім беру корпорациясының Ғылыми кеңесінде талқыланып, басылымға ұсынылды, 31.10.2024ж. №02 хаттамасы.

Жалпы құрылыс факультетінің академиялық сапа комитетінің мәжілісінде талқыланып, 17.06.2024 ж. №18 хаттамасы.

Халықаралық білім беру корпорациясының
2024-2025 оқу жылының жоспары бойынша басылды.

ISBN 978-601-08-4636-4

© Халықаралық білім беру
корпорациясы, 2024

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР.....	5
АНЫҚТАМАЛАР.....	6
БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР.....	7
КІРІСПЕ.....	8
1 ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ҚАСИЕТТЕРІ БАР КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДЫ АЛУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ПРИНЦИПТЕРІ.....	10
1.1 Жылуоқшаулағыш материалдар түрлері, жіктелуі және қасиеттері.....	10
1.2 Отандық нарықтағы заманауи жылуоқшаулағыш материалдар.....	13
1.3 Жылуоқшаулағыш композициялық жабындарды әзірлеудің теориялық және практикалық негіздері.....	17
1.4 Жылуоқшаулағыш жабындарды жасауға арналған полимерлі дисперсиялар.....	21
1.5 Жылуоқшаулағыш материалдарды өндіруге арналған жұқадисперсті минералды толтырғыштар.....	23
2 МАТЕРИАЛДАР ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ.....	26
2.1 Жылуоқшаулағыш жабын алуға арналған материалдар мен компоненттер.....	26
2.2 Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелерді талдаудың физика-химиялық әдістері.....	28
2.2.1 Микрокремнезем бөлшектерінің гранулометриясы.....	28
2.2.2 Микрокремнезем бетінің құрылымын анықтау әдістемесі.....	29
2.2.3 Жұқадисперсті толтырғыш ұнтақтардың құрылымдық сипаттамаларын анықтау және бағалау.....	30
2.2.4 Фракцалдық жылу беру моделін талдау.....	32
2.3 Эпоксидті шайырдың катаю процедурасы және үлгілерді дайындау әдісі.....	34
2.4 Эпоксидті шайыр мен катайтқыш түрлерін салыстырмалы тұтырлық және серпімділік-беріктік қасиеттерін анықтау барысында талдау негіздемесі.....	35
2.5 Жылуоқшаулағыш жабындарға табиғи климаттық сынақтар жүргізу әдістемесі.....	36
2.5.1 Түс сипаттамаларының өзгерісі.....	37
2.6 Эпоксидті-микрокремнеземді композицияларды алу әдістемесі.....	39
2.7 Сканирлеуші электронды микроскопия.....	40
2.8 Жабындардың термиялық қасиеттері.....	40
2.9 Кеуектілікті анықтау әдістемесі.....	41

2.10 Бу өткізгіштігін анықтау әдістемесі.....	41
2.11 Адгезиялық беріктігін анықтау әдістемесі.....	42
2.12 Жылу өткізгіштік коэффициентін және жылу кедергісін анықтау әдістемесі.....	43
2.13 Жылтырлық дәрежесін анықтау әдістемесі.....	48
3 ЖҰҚАДИСПЕРСТІ МИНЕРАЛДЫ ТҮЙІРШІКТІ ЖҮЙЕЛЕР НЕГІЗІНДЕ ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ЖАБЫНДАРДЫ СИНТЕЗДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ТИІМДІЛІГІ	50
3.1 Толтырылған полимерлі байланыстырғыштардың жылу өткізгіштігіне әсер ететін негізгі құрылымдық параметрлері.....	50
3.2 Эпоксидті шайырды пластификатормен модификациялау.....	60
3.3 Эпоксидті шайыр композицияларының табиғи климаттық факторлар әсеріне түс беріктігі.....	63
3.4 Жұқа дисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде полимерлі жылуоқшаулағыш жабындар.....	70
3.5 Өр түрлі беттерде қалыптасқан жабын материалының қасиеттері.....	77
3.6 Эпоксидті шайыр негізіндегі жабындардың ұзақ мерзімділігі.....	77
3.7 Жұқа дисперсті минералды жүйелер негізінде сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың жылу өткізгіштігіне әсер ететін негізгі құрылымдық параметрлері.....	78
3.8 Жылуоқшаулағыш жабындар өндірісінің болжамды техникалық-экономикалық көрсеткіштері.....	82
ҚОРЫТЫНДЫ	83
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	85

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

ҚР ЕЖ 2.04-108-2014 «Оқшаулайтын және әрлейтін жабындар»
 ҚР ҚН 2.04-21-2004 «Азаматтық ғимараттардың энергия тұтынуы мен жылу сақтауы»
 ҚР СТ МЕМСТ 15.011-2005 «Өнімді әзірлеу және өндіріске қою жүйесі. Патенттік зерттеулер. Мазмұны және өткізу тәртібі»
 ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы»
 ҚР ҚН 2.02-01-2019 «Ғимараттар мен ғимараттардың өрт қауіпсіздігі»
 МЕМСТ 10587-84 «Эпоксидті дианды катайтылмаған шайырлар. Техникалық шарттар»
 МЕМСТ 8728-88 «Пластификаторлар. Техникалық шарттар»
 МЕМСТ 11262-2017 «Пластмассалар. Созылу сынағы әдісі»
 МЕМСТ 8420-2022 «Лак-бояу материалдары. Шартты тұтқырлықты анықтау әдістері»
 МЕМСТ 33355-2015 «Лак-бояу материалдары. Бу өткізгіштігінің сипаттамаларын анықтау»
 МЕМСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002) «Лак-бояу материалдары. Адгезияны ажырату әдісімен анықтау»
 МЕМСТ 7076-99 «Құрылыс материалдары мен бұйымдары. Стационарлық жылу тәртібінде жылу өткізгіштік пен жылу кедергісін анықтау әдісі»
 МЕМСТ 31975-2017 «Лак-бояу материалдары. Лак-бояу жабындардың 20°, 60°, 85° бұрыштарында жылтырлығын анықтау әдісі»
 МЕМСТ 9.032-74 «Лак-бояу жабындары. Топтар, техникалық талаптар және белгілер»

АНЫҚТАМАЛАР

Климаттық факторлар –	климаттың негізгі элементтері: күн радиациясы (жарық, жылу), жауын-шашын және атмосфералық қысым, ауа ылғалдылығы, топырақ ылғалдылығы, ауа айналымы (жел), гидросфералық қысым.
Микрокремнезем –	құрамында кремний бар қорытпаларды өндіру кезінде технологиялық пештерді газбен тазарту процесінде алынған сфералық пішінді бөлшектерден тұратын ультрандисперсті материал.
Жылуокшаулағыш –	жылу беру процесін төмендететін және құрылымдағы негізгі жылу кедергісі рөлін атқаратын құрылымдық элементтер.
Сұйық жылуокшаулағыш жабын –	бу құбырларын, ыстық және суық суды, өнеркәсіптік жабдықты және тұрғын үй құрылыстарында жылуокшаулағыш ретінде пайдалануға болатын жұқа-дисперсті минералды толтырғыштардан тұратын жабын.
Минералды толтырғыштар –	бөлшектерінің мөлшері 0,15 мм-ден аз және меншікті беті 2500-5000 см ² /г шегінде болатын практикалық мақсаттар үшін оңтайлы дисперсті ұнтақтардан тұратын (минералды немесе полимерлі) толтырғыштар.
Жылу өткізгіштік –	материалдық денелердің дене бөлшектерінің (атомдардың, молекулалардың, электрондардың және т.б.) хаотикалық қозғалысы арқылы дененің қыздырылған бөліктерінен дененің аз қыздырылған бөліктеріне энергия (жылу) өткізу қабілеті. Мұндай жылу алмасу температураның біркелкі бөлінбеуі бар кез келген денеде болуы мүмкін, бірақ жылу беру механизмі заттың агрегаттық күйіне байланысты болады.
Тығыздық –	дене салмағының сол дене алатын көлемге қатынасы ретінде анықталатын скалярлық физикалық шама.
Адгезиялық беріктік –	байланыстыратын материал мен желімнің адгезия күштерімен анықталатын жабысқақ қосылыстың беріктігі

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

СЖ	– сұйық жабын
СЖОЖ	– сұйық жылуокшаулағыш жабын
СИ	– физикалық шамалар бірліктерінің жүйесі
ЖШС	– жауапкершілігі шектеулі серіктестігі
МК	– микрокремнезем
ПЭПА	– полиэтиленполиамин
ДБФ	– дибутилфталат
КВРШ	– кіші бұрышты рентгендік шашырау
АБС	– автоматты бақылау станциясы
РФС	– рентген-флуоресцентті спектрометр
ТТТ	– термогравиметриялық талдау
СЭМ	– сканерлеуші электронды микроскопия
ССА	– фрактальдық модель түрі
λ	– жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м·К)
R	– жылу кедергісі, м ² ·К/Вт
ρ	– тығыздық, кг/м ³
δ	– қалыңдық, м
Π	– кеуектілік, %
V	– бу өткізгіштік, мг/м·сағ Па
F	– үзілу күші, Н
q	– жылу ағынының тығыздығы, Вт/м ²
ΔT	– үлгінің қарама-қарсы беттері арасындағы температура айырмашылығы, К.
$\lambda_{СЖОЖ}$	– сұйық жылуокшаулағыш жабын үшін жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м·К)
$\delta_{СЖОЖ}$	– сұйық жылуокшаулағыш қабатының қалыңдығы, м
$\lambda_{СЖ}$	– сұйық жабынның үшін жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м·К)

КІРІСПЕ

Энергияны үнемдеу – қазіргі заманның маңызды міндеті. Сонымен қатар, жылдар өткен сайын энергияны үнемдеу мәселесін қол жетімді емес аудандарда энергия өндіруді ұлғайту және жаңа энергия объектілерін салу арқылы ғана емес, сонымен қатар энергия тұтынуы азайту арқылы да шешуге болатындығы айқын бола бастады. Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелерге негізделген жылуокшаулағыш материалдар энергияны үнемдеуге және құрылыстағы энергия тиімділігін арттыруға деген өсіп келе жатқан қажеттіліктерді ескере отырып, өзекті тақырып болып табылады. Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қаңтардағы «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» Заңы (03.09.2023 ж. жағдай бойынша өзгерістер мен толықтырулармен) [1] экономика субъектілерін энергия тиімділігі және жылуокшаулағыш материалдарды пайдалану жөніндегі талаптарды ескере отырып, ғимараттарды салуға және қайта жанартуға міндеттейді. Сондай-ақ, ҚР ЕЖ 2.04-108-2014 «Оқшаулайтын және әрлейтін жабдықтар» [2] және ҚР ҚН 2.04-21-2004 «Азаматтық құжаттарының энергия тұтынуы мен жылу сақтауы» [3] нормативтік құжаттарына сәйкес келтіру және дестүрлі жылуокшаулағыш қымбаттауы энергияны тиімді қолданудағы басты мәселе болып табылады.

Тұрғын үй-құрылыс кешені саласындағы сұранысқа ие міндет отын-энергетикалық ресурстарды үнемдеу болып табылады. Бұл мақсатқа жетудің ең тиімді әдістерінің бірі – полимерлі байланыстырғыштарға негізделген энергияны үнемдейтін сұйық жылуокшаулағыш жабдықтарды (СЖОЖ) әзірлеу [4,5]. Дестүрлі жылуокшаулағыш материалдар бірқатар кемшіліктерге ие: құрылымдарды коррозиядан қорғай алмауы, өртке төзімсіздігі, құрылыстағы конструкция элементтеріне қосымша жүктеме беруі және су өткізгіштігі ықтималдылығынан көгеруге төзімсіздігі – олардың жылуокшаулағыш қасиеттерінің ұзақмерзімділігін азайтады. Сонымен қатар, СЖОЖ эксплуатациялық жұмыстарды орындау кезінде еңбек шығындарын айтарлықтай төмендетеді және күрделі конструкция элементтеріндегі қолжетімсіз жерлерді де оқшаулауға ыңғайлы болып табылады. Минералды толтырғыштарды пайдалана отырып, СЖОЖ құрамын әзірлеу арқылы пайдалану сипаттамаларына нұқсан келтірместен өндіріс құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл осы тәсілдің тартымдылығын және оның қазіргі кездегі өзектілігін айтарлықтай арттырады [6,7].

Әдетте, сұйық жылуокшаулағыш жабдықтардағы жылу өткізгіштік коэффициентінің төмен мәндеріне қуыс керамикалық және шыны микрофосфалардың қосылмауы санын қосу арқылы қол жеткізіледі, бұл жалпы көлемнің 50%-ын құрайды. Алайда, осы қымбат микрофосфаларды пайдалану өзіндік құнының айтарлықтай өсуіне әкеледі және нәтижесінде өндірілетін өнімнің бәсекеге қабілеттілігін төмендетеді.

Пайдалану сипаттамаларын жоғалтпай микрофосфалардың шығынын азайту мәселесін шешу үшін құрамында жұқадисперсті минералды толтырғыштар

бар модификацияланған байланыстырғыштарды қолдану арқылы мүмкін болады. Жұқадисперсті минералды ұнтақтардың кеуектілігі жоғары екені белгілі, бұл олардың негізінде тиімді жылуокшаулағыш материалдарды жасауға мүмкіндік береді [8-10]. Сондықтан микро және наноөлшемді жұқадисперсті минералды түйіршікті толтырғыштарды пайдалану микрофосфалардың шығынын едәуір азайтуға және СЖОЖ тиімді құрамдарын жасауға мүмкіндік береді.

Дестүрлі жылуокшаулағыш жабдықтар (талшықты материалдар, көбік және бүріккіш полимерлер) ылғалдылықтың жоғарылауы, металл негізін қабатты коррозиясының пайда болу мүмкіндігі, жылу, жарық және ылғалдылық әсерінен жабдықтың бұзылуы сияқты бірқатар кемшіліктерге ие.

Осылайша, берілген монография жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде жылуокшаулағыш жабдықтар саласындағы зерттеулер Қазақстандағы маңызды экологиялық және экономикалық проблемаларды шешу үшін практикалық маңызға ие екендігін айқындайды. Сонымен қатар, энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы белгіленген нормативтерге сәйкес келуге көмектеседі.

1 ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ҚАСИЕТТЕРІ БАР КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДЫ АЛУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ПРИНЦИПТЕРІ

Дүние жүзіндегі табиғи энергетикалық қорлар таусылуға пара-пар және көптеген ғалымдар энергияның құлдырауы мүмкін болатын шекті болжайды. Сондықтан әлемдік қауымдастық алаңдаушылық тудыратын энергетикалық мәселені шешудің жолдарын іздейді. Кейбір ғалымдар экономикада жаңартылатын энергия көздерін (күн энергиясы, биоэнергетика, жел энергиясы, теңіз толқындарының энергиясы және т.б.) қарқынды пайдалануды ұсынады. Басқалары – жаңа энергия көздерін іздеуді ұсынады. Бірақ бәрі бір нәрсеге келіседі – энергияны үнемдейтін технологияларды құру, энергияны үнемдейтін өнімдерді, машиналарды, агрегаттарды, аппараттарды қолдану қажет.

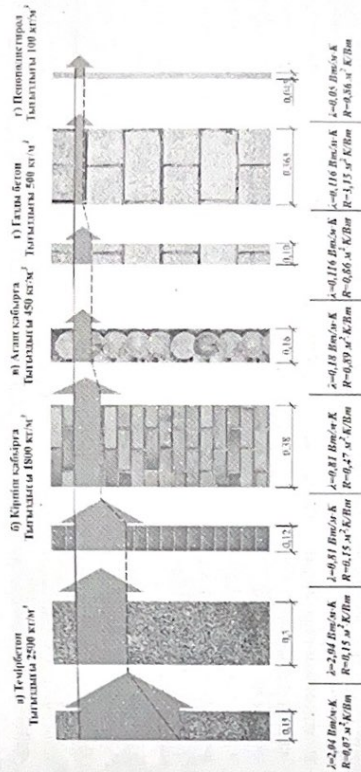
Энергетикалық ресурстардың 30%-дан астамы жайлы өмір сүру жағдайларын қамтамасыз етуге жұмсалатынын ескере отырып, құрылыс саласына ерекше назар аударылады. Энергетикалық шығындарды азайту принципі негізінде тұрғын үй, қоғамдық және өндірістік ғимараттарды жобалау, салу, пайдалану бұл мәселені шешудің тиімді жолдарының бірі болып табылады [11].

Бұл жағдайлар жақсартылған өнімділігі мен қасиеттері бар жылуоқшаулағыш жабындарды жасау бойынша зерттеу бағытын тандауға әкелді. Мұндай міндеттер қазіргі уақытта материалдардың қасиеттерін жақсартатын, жаңа материалдар мен жабындарды алуға өңдеу мен өндірудің жаңа әдістерін қолдану арқылы шешілуі мүмкін.

Сондықтан, жылуоқшаулағыш жабындар мен материалдардың түрлерін және қолдану ерекшеліктерін қарастырайық.

1.1 Жылуоқшаулағыш материалдар түрлері, жіктелуі және қасиеттері

Жылуоқшаулағыш материалдар – бұл әртүрлі құрылымдарда, ғимараттарда, өнеркәсіптік және энергетикалық жабдықтарда, сондай-ақ құбырларда жылуоқшаулағыш қасиеттерін қамтамасыз ету үшін қолданылатын арнайы құрылыс материалдары. Мұндай материалдардың негізгі функциясы – қоршау беттері арқылы жылу беруді азайту және осылайша объектілердің жылу қорғау қасиеттерін жақсарту. Аталған материалдардың жылу өткізгіштігі $0,175 \text{ Вт/(м·К)}$ қасиеттерін қамтамасыз етеді, бұл жылу шығынын азайтуға және қыста аспайтын төмен жылу өткізгіштікке ие, бұл жылу шығынын азайтуға және күн-үй-жайларға суық ауаның енуіне жол бермеуге, сондай-ақ жаздың ыстық күндерінде үй-жайларды салқын ұстауға мүмкіндік береді [12]. Бұл материалдардың қолдану аясына байланысты шығарылу формасы, шығу тегі, шикізат түрі бойынша айырмашылықтары бар: тақталар, орамдар, көбікті, және минералды жүн, полиуретанды көбік, пенополистирол және басқалар. 1.1-суретте жабынның қалыңдығына және тығыздығына байланысты материалдардың жылу өткізгіштік коэффициенттері мен жылу кедергісі көрсетілген [13-18].



1.1-сурет – Материал түрі мен қалыңдығына байланысты жылуоқшаулағыш коэффициенті және жылу кедергісінің мәндері

Аталған жылуоқшаулағыш материалдарды қолдану ғимараттар мен имараттардың энергия тиімділігін арттыру, жылыту және ауа баптауға жұмсалатын энергия шығынын азайту, сондай-ақ парниктік газдар шығарылымдарын төмендету сияқты қоршаған ортаға әсерін азайтуға мүмкіндік береді. Барлық осы жылуоқшаулағыш материалдарға қойылатын жалпы талаптар [19, 20]:

- Төмен жанғыштық – қауіпсіздікті қамтамасыз ету тұрғысынан қарастырылу керек. Жалпы өрт қауіпсіздігінің талаптары ҚР ҚН 2.02-01-2019 «Ғимараттар мен имараттардың өрт қауіпсіздігі» нормаларымен айқындалады.
- Механикалық беріктік – материалдардың деформациялар мен ішкі кернеулерді тудыратын сыртқы күштердің әсерінен бұзылуға қарсы тұру қабілеті. Жылуоқшаулағыш материалдардың құрылымына, материалдың қатты негізінің беріктігіне және кеуектілік параметрлеріне байланысты сығылу, иілу, созылу беріктігі бар. Сондықтан ұсақ кеуектері бар қатты материал үлкен, біркелкі емес кеуектері бар материалға қарағанда берік.
- Тығыздық – тығыздығы $185-200 \text{ кг/м}^3$ шамасынан аспайтын ғимарат құрылымына жылуоқшаулағыш салмағынан болатын жүктемелерді есептейді.
- Суға төзімділік – суық және жаңбырлы климатта өте қажет қасиет. Жылуоқшаулағыш материал гидрофилді болса, оның жылуоқшаулағыш қасиеттері төмендейді. Ал су өткізбейтін оқшаулағыш ылғалмен химиялық әрекеттеспейді, сондықтан оның қасиеттері сақталады.
- Ұзақ мерзімділік бірқатар басқа қасиеттерге байланысты: химиялық, биологиялық, температура айырмашылығына төзімділік, сонымен қатар оқшаулаудың фазалық-минералогиялық және химиялық құрамының ерекшеліктері және т.б.
- Экологиялық таза – адам үнемі жылуоқшаулағыш материалдармен қорғалған бөлмелерде болғандықтан, оның биологиялық бейтарап болуы және ешқандай жағдайда улы секреция көзі болмауы өте маңызды.

Белгілі бір мақсатта қолдануға жылуоқшаулағыш материалдарды таңдағанда, оқшаулаудың онтайлы шешімін қамтамасыз ету үшін ғимараттың немесе құрылыстың талаптарын, оның орналасқан жерін, климаттық жағдайларын, бөл-жетін және басқа да факторларын ескеру қажет.

Жылуоқшаулағыш материалдар келесі негізгі белгілер бойынша жіктеледі [20, 7-6]:

- Бастапқы шикізат түріне байланысты материалдар мен бұйымдар: органикалық, бейорганикалық және композициялық болып бөлінеді. Органикалық материалдар бейорганикалық шикізат қоспасынан жасалған бұйымдар болып табылады. Егер қоспадағы соңғыларының саны салмағы бойынша 50%-дан асатын болса, бейорганикалық деп жіктеледі. Композициялық материалдар бейорганикалық материалдардың қоспалары немесе органикалық және бейорганикалық шикізаттың әртүрлі композицияларынан құралады. Оларға, мысалы, құмнан, цементтен және целлюлоза талшықтарынан тұратын бетон бұйымдары немесе вулканит, диатомит, асбест және әк қоспасынан алынатын құрылымы ағаш пен цемент қалдықтарынан түзілетін арболит, фибролит бұйымдары жатады;
 - Материалдар мен бұйымдар пішіні бойынша борпылдақ (минералды және басқа мақта түрлері, кеуекті толтырғыштар және т.б.), жалпақ (плиталар, төсеніштер, кііз және т. б.) және пішінді (цилиндрлер, жартылай цилиндрлер, сегменттер және т. б.), орамды болып бөлінеді;
 - Материалдар мен бұйымдар құрылымы бойынша талшықты, кеуекті және түіршікті (сусымалы) болып бөлінеді;
 - Байланыстырғыш зат болуы бойынша материалдар мен бұйымдар құрамында байланыстырғыш зат бар және құрамында байланыстырғыш зат жоқ болып бөлінеді;
 - Қаттылық бойынша жылуоқшаулағыш материалдар жұмсақ, жартылай қатты, қатты, қаттылығы жоғары және қаттылығы берік болып бөлінеді. Бұл айырмашылық жүктеме кезінде өнімдерді сығудың әртүрлі салыстырмалы деформациясына байланысты. Мәселен, жұмсақ материалдардың сығылуы 0,002 МПа меншікті жүктеме кезінде 30%-дан асады, ал қатты материалдардың сығылуы 0,1 МПа меншікті жүктеме кезінде 10%-ға дейін болады;
 - Жылу өткізгіштігі бойынша жылуоқшаулағыш бұйымдар үш класка бөлінеді. А классына жылу өткізгіштігі төмен материалдар ($\lambda=0,06 \text{ Вт/(м·К)}$ дейін), В классы – орташа жылу өткізгіштік материалдары ($\lambda=0,06-0,115 \text{ Вт/(м·К)}$), С классы – жоғары жылу өткізгіштік материалдары ($\lambda=0,115-0,18 \text{ Вт/(м·К)}$) болып табылады. Класстарға бөлінген кезде материалдардың жылу өткізгіштік коэффициентінің мәні 25°C температурада анықталады;
 - Жанғыштығы бойынша материалдар мен бұйымдар: төмен жанғыш, орташа жанғыш, қалыпты жанғыш және жоғары жанғыш болып бөлінеді;
 - Тұтанғыштығы бойынша үш топқа бөлінеді: тұтануы қиын, орташа тұтанғыш және тез тұтанғыш.
- Тәжірибе көрсеткендей, ғимараттар мен имараттарды жылыту кезінде жылу шығынын азайту тиімді жылуоқшаулағыш материалдарды қолдану арқылы қоршау конструкцияларының жылу кедергісін арттыру арқылы жүзеге асырылады.

Осылайша, жылуоқшаулағыш материалдардың мақсаты мен қолдану саласы негізінен олардың максималды қолдану температурасымен, беріктігі және деформациялық қасиеттерімен анықталады. Олардың беріктігі, өрт қауіптілігі, санитарлық қауіптілігі, қолданудың технологиялығы мен құны да маңызды факторлар болып табылады. Аталған факторларға жауап беретін қазіргі нарықтағы өндірістерге жылуоқшаулағыш материалдарды және олардың физика-механикалық қасиеттерін зерттеу маңызды болып табылады.

1.2 Отандық нарықтағы заманауи жылуоқшаулағыш материалдар

2022 жылдың қорытындысы бойынша Қазақстанда жылуоқшаулағыш материалдар өндірісінің көлемі 85 мың тоннаны құрады (2021 жылғы деңгейге қарағанда – 2,5% жоғары). Республикада жылуоқшаулағыш материалдардың негізгі өндірушілері ЖШС «ПТК IZOTERM» (Шығыс Қазақстан облысы), ЖШС «Макинский завод теплоизоляции» (Ақмола облысы), ЖШС «МВИ» зауыты (Павлодар облысы) және басқа да бірқатар кәсіпорындар болып табылады [21].

2017-2021 жылдар аралығында қож және минералды жүн өндірісі 2 еседен астам өсті, жылуоқшаулағыш материалдардан жасалған бұйымдар өндірісі 7%-ға төмендеді. Импорттық жылуоқшаулағыш материалдарды сатудан ЖШС «ТехноНИКОЛЬ Казахстан» («ТехноНиколь» сауда маркасының тақтасы), ЖШС «Кнауф Инсулейшн Казахстан» (Knauf) және ЖШС «Сен-Гобен Строительная Продукция Казахстан» (ISOVER) құрылыс өнімімен айналысады [22].

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында сұйық жылуоқшаулағыштың жалғыз өндірушісі – ЖШС «KAZNANO» бар, олар өте жұқа керамикалық жылуоқшаулағыш материалды алу үшін керамикалық толтырғыштарды пайдаланатын отқа төзімді және жылуоқшаулағыш бояулар шығарады. Сондай-ақ қазақстандық ғалымдар мен ЖШС «SAVENERGY» компаниясы ұсынған құрамы табиғи шикізаттан тұратын, елде баламасы жоқ экологиялық таза және энергия үнемдейтін вакуумдық жылуоқшаулағыш панельдер шығаратын зауытты іске қосты. Вакуумдық жылуоқшаулағыш панель бірден бірнеше қасиетке ие: жылуоқшаулағыш, гидро және дыбыс оқшаулағыш, жанбау [23]. Мұндай панельдердің жылу өткізгіштік коэффициенті $0,012 \text{ Вт/(м·К)}$ құрайды және белгілі бір өлшемдік параметрлерде ғана шығарылады. Материалдың сыртқы қоршалған қабығы бар болғандықтан, зақымданған кезде бастапқы жылуоқшаулағыш және т.б. қасиеттері төмендейді, яғни оларды кесуге немесе оларда тесіктер жасауға болмайды. Материал толығымен оқшаулау алаңын жабу мүмкіндігімен шектелетіндіктен, арнайы жетпеген жерлерге тапсырыс беріп бөлек өлшемдерде панельдерді жасауға мұқтаж етеді. 1.1-кестеде отандық жылуоқшаулағыш материалдардың белгілі сипаттамалары келтірілген.

Отандық нарықтағы жылуоқшаулағыш материалдарға қажеттілігі $49,2\%$ -ға Ресейден басым келетін импорт есебінен қамтамасыз етіледі (жылуоқшаулағыш материалдардың барлық импортының 90% -ға жуығы). 2021 жылы

Қазақстанда барлығы 161 709 тонна кож және минералды жүн орамдар мен парактарда, сондай-ақ 109 759,4 тонна жылуокшаулағыш және дыбыс окшаулағыш материалдардан жасалған бұйымдар пайдаланылды [24].

1.1-кесте – Отандық жылуокшаулағыш материалдардың сипаттамалары

№	Көрсеткіштің атауы	IZOTHERM	МакWool	Камкор	SAVENERGY
1	Тығыздық, кг/м³	125	80	-	450-600
2	Беріктік, кПа	8-10	15-40	-	100
3	Сығымдалу, %	5	8-35	-	7-8
4	Болатқа қатысты адгезиясы, МПа	-	0,6	1,0	-
5	Бетонға қатысты адгезиясы, МПа	-	-	1,7	-
6	Жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м·К)	-	-	0,001	0,012-0,019
7	Жылу беру коэффициенті, Вт/м²·К	-	0,041	-	-

Бүгінгі таңда Ресей нарығынан «Изолат», «Корунд», «Теплос-Топ», «Тепломет», «Теплокрас», «Магнитерм», «Раум Профи», «Альтермо», «Теплокор», «Тезолат», «Керамизол» маркаларымен жылуокшаулағыш жабындар ретінде орналастырылған көптеген композициялық материалдар ұсынылады [25]. Бұл жабындар: «сұйық керамикалық жабын», «жылу шағылыстыратын бояу», «сұйық жылуокшаулағыш», «жылуокшаулағыш бояу» деп аталады, алайда олардың барлығы әртүрлі сипаттағы байланыстырғыш және қуыс микросфераларды қамтитын композициялар болып табылады [26, 27]. 1.2-кестеде осы өндірушілерге сәйкес кейбір жылуокшаулағыш жабындардың сипаттамалары келтірілген.

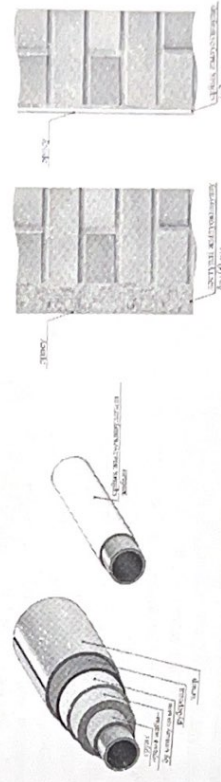
1.2-кесте – Жылу шағылыстыратын материалдың сипаттамалары

№	Көрсеткіштің атауы	Изолат	Керамизол	Корунд	Теплокрас	Тепломет
1	Сұйық/қатты күйдегі тығыздығы, кг/м³	600/400	800/500	-	590/780	500/750
2	Жырттылу күші, кг/см²	8	8,7	-	-	-
3	Созу кезіндегі салыстырмалы ұзаруы, %	5	2	-	8	-
4	Металға қатысты адгезиясы, МПа	-	0,6	1,2	1,5	-
5	Бетонға қатысты адгезиясы, МПа	1,25	1,0	1,28	1,84	-
6	Жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/(м·К)	0,0025	0,0025	0,0012	-	-
7	Жылу беру коэффициенті, Вт/м²·К	-	1,5	1,5	-	-
8	Бу өткізгіштік коэффициенті, мг/м·сағ·Па	0,012	0,02	0,013	-	0,001-0,6
9	Беткі қабатының 24 сағат ішінде су сіңіруі, г/см²	0,03	0,08	0,02	-	0,4

1.1, 1.2-кестелерді көріп отырғанымыздай, нарықтағы жылуокшаулағыш материалдардың толық характеристикалары келтірілмеген және олар бірлесі

нормативтік құжаттармен сипатталмаған. Аталған жылу шағылыстыратын материалдың бұл өнімдері қарапайым бояуға ұқсайтын ақ түсті суспензия болып табылады, оны бояуға және кез келген бетке қолдануға болады. Кептіруден кейін 24 сағат қажет, дестүрлі окшаулағыштармен салыстырғанда ерекше жылуокшаулағыш қасиеттеріне ие және коррозияға қарсы қорғанысты қамтамасыз ететін серпінді полимерлі жабын пайда болады. Бұл оны қатты жылуокшаулағыштың басқа стандартты нұсқалары қолданылмайтын жерде қолдануға мүмкіндік береді. Үлкен артықшылығы – сұйық жылуокшаулағыш құрылымға жүктемені арттырмайды.

Жылуокшаулағыш материалдар жылу энергетикасында, құрылыс саласында кең таралған. Оның көмегімен құбырлар, шатырлар, қабырғалар, бетон едендер мен қасбеттер, балкондар және т.б. өңделеді. Ғимараттар мен имараттарды жауын-шашыннан, температураның өзгеруінен, сондай-ақ қабырғаларда көтеру мен саңырауқұлақтардың пайда болуынан сенімді қорғайды. Окшаулағыш қоспаны қолданудың арқасында құрылымның қызмет ету мерзімі едәуір артады, сонымен қатар жылыту шығындары азаяды. Сонымен қатар, жылуокшаулағыш бояу материалдарын кез келген бетке (бетон, керамика, ағаш, сылақ немесе металл) қолдануға болады. 1.2-суретте сұйық жылуокшаулағыш жабындың (СЖОЖ) дестүрліден айырмашылығы көрсетілген.



1.2-сурет – Орамдық және такталық беттердегі сұйық және классикалық жылуокшаулағыштарды салыстыру

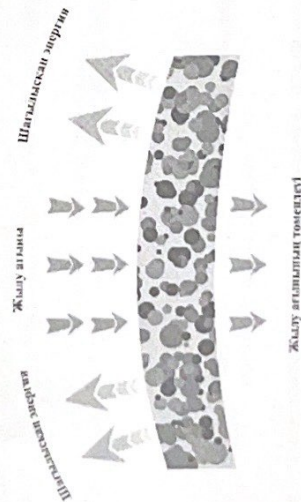
Жылуокшаулағыш бояуды қолданудың жылуокшаулағыш әсеріне қуыс микросфералардың көптігі арқылы қол жеткізіледі – жылу энергиясының жоғалуы әдеттегі конвекцияға байланысты азаяды. 2 мм қабатты өте жұқа жылуокшаулағыштың жылу тиімділік көрсеткіші 100 мм минералды жүннің жылу үнемдеу қабілетіне сәйкес келеді [28].

СЖОЖ – бұл әдетте полимерлі байланыстырғыштан, қуыс микросфералардан, функционалды қоспалардан және қажет болған жағдайда пигменттерден оны кез келген бетке жабын ретінде қолдануға болады. Кептірілгеннен кейін жоғары жылуокшаулағыш, дыбысқшаулағыш және коррозияға қарсы қасиеттері бар серпінді полимерлі жабын пайда болады. Материал бояуға арналған щеткамен, роликпен немесе төмен қысымды бүріккіш пистолетпен қабатталады.

Техникалық сипаттамалары мен қолдану ерекшеліктері сұйық жылуоқшаулағыштың келесі артықшылықтары туралы айтуға мүмкіндік береді [29]:

- материалдың төмен жылу өткізгіштігі ($0,01-0,015 \text{ Вт/(м·К)}$) – оқшаулағыш қабат минималды болған жағдайда жылуды сақтаудың жақсы әсерін қамтамасыз етеді;
- жабынның үздіксіздігі – оқшаулау қабаты үздіксіз ажырамастан жағылады және қол жеткізуге қиын жерлерді толығымен жабады;
- экологиялық таза – ішкі жұмыстарға арналған композициялар мүлдем қауіпсіз, улы емес;
- қолданудың қарапайымдылығы – технологиялық процесс мүмкіндігінше жеңілдетілген, қымбат жабдық пен құрылыс тәжірибесін қажет етпейді;
- ылғалға төзімділік – микроорганизмдердің, саңырауқұлақтардың, көгерудің пайда болуына қарсы тұру;
- жұмыс температурасының кең диапазоны – жабын көптеген аяздарға төтеп береді және $+220^\circ\text{C}$ температурада физикалық қасиеттерін сақтайды;
- тамаша адгезия – металл, ағаш, пластик, кірпіш және т.б. беттер үшін қолдануға болады.

Сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың негізгі міндеті – жылудың жоғалуын немесе құрылымның қабырғалары немесе беті арқылы жылудың енуін болдырмауға қабілетті тиімді жылуоқшаулағыш қабаттың құру. 1.3-суретте сұйық жылуоқшаулағыш жабынның жұмыс принципі көрсетілген.



1.3-сурет – СЖОЖ жұмыс принципі

Сұйық жылуоқшаулағыш жүйесінің жұмыс принципі жылу беру, жылу өткізгіштік, шағылысу және жылу қабылдау сияқты физика принциптеріне негізделген. Сұйық оқшаулағыштың жұмыс принципі олардың инфрақызыл сәулеленуінің 95%-на дейін таратылу және түскен жарық сәулелерінің 75%-на дейін шағылыстыру қабілетіне не жылу тосқауылын жасау болып табылады. Бұл қасиеттер сұйық жылуоқшаулағыштарға үй-жайлардың жылуоқшаулағышымен қатар, оларды күн радиациясынан және жазда қызып кетуден қорғаумен тиімді күресуге мүмкіндік береді [30].

Белгілі жылуоқшаулағыш материалдардың сипаттамаларын зерттеу барысында әртүрлі әдістерді қолдана отырып, белгілі аналогтардың нақты жылу өткізгіштік коэффициенті әрдайым мәлімделген мәнге сәйкес келмейтіні анықталды [31].

Жылулан қорғайтын материалдардың маңызды көрсеткішінің бірі әртүрлі тербелістерде пайда болатын жарықтардың алдын алу үшін созылу кезіндегі салыстырмалы ұзару болып табылады. Белгілі жылудан оқшаулағыш жабындардың сипаттамаларын талдау бұл көрсеткіш 9-дан 11%-ға дейін екенін көрсетті, ал бұл көрсеткіш температураның айтарлықтай төмендеуі мен дірілдің әсерінен жабынның біртектілігін сақтау үшін жеткіліксіз болып табылады. Сондықтан тақырыпты зерттеудегі міндеттердің бірі – жылуоқшаулағыш жабынның физика-механикалық қасиеттері, оның ішінде созылу кезіндегі салыстырмалы ұзару көрсеткіштері. Жылуоқшаулағыш жабынның физика-механикалық қасиеттері әдебиеттік деректер көрсетіп отырғандай, қолданылатын байланыстырығыш түріне тәуелді болып табылады.

1.3 Жылуоқшаулағыш композициялық жабындарды әзірлеудің теориялық және практикалық негіздері

Қазақстан Республикасында материалтану саласымен айналысатын кәсіпорындар мен ғылыми ұйымдар болашағы бар материалдар жасауды және жаңа технологиялық процестерді қолдануды, сондай-ақ өнеркәсіптің әртүрлі салалары үшін бәсекеге қабілетті өндірістерді әзірлеуді қамтитын ғылыми-техникалық прогрестің қазіргі заманғы сын-қатерлеріне тап болады.

Материалтану саласындағы отандық ғылымдар ғылыми зерттеулер саласына, әсіресе наноматериалдар, қорғаныс жабындарын алу, инновациялық технологияларды әзірлеу мен енгізуге елеулі үлес қосты. Қазақстандық ғалымдардың еңбектерінде жаңа технологиялардың дамуына және түрлі салаларда озық материалдарды қолдануға алып келетін елеулі жетістіктер бар. Әзірленген наноматериалдар наноөлшемді деңгейде бірегей қасиеттері мен құрылымына ие, бұл материалдардың көптеген физикалық және химиялық сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді [32-40]. Сондай-ақ, материалтану саласының маңызды бөлігінің бірі – құрылыс саласындағы материалдарды оңтайландыру және тиімді технологияларды қолдану болып табылады.

Сыртқы қабырғалардың жылу беруіне төзімділіктің жоғары талаптары жылуоқшаулағыш құрылымдық материалдардың [41], мысалы, ұялы бетон, полистиролды бетон [42, 43], сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың [44] дамуы және қасиеттерін жақсарту белсенділігінің артуына әкелді. Қазіргі уақытта термиялық қорғаныс талаптары полистерол, полистеролбетон, көбікті және газды бетон өнімдері және т. б. сияқты полимерлерге негізделген құрылымдарды ғана қамтамандырады. Мысал ретінде, тығыздығы $250-350 \text{ кг/м}^3$ болатын синатта-маларға сәйкес, полистиролбетонның жылу өткізгіштік коэффициентінің мәндері $0,08-0,1 \text{ Вт/(м·К)}$ құрайды, бірақ мұндай тығыздықта қабырға материалының беріктігі $0,7$ -ден $1,2 \text{ МПа}$ -ға дейін төмен [45-48]. Қоршау құрылымдарында

торлы бетондарды [49, 50] тиімді пайдалану жеткілікті, олардың сөзсіз артықшылығы төмен жылу өткізгіштігі болып табылады. Алайда, көбікті пен газдалған бетоннан бірқатар кемшіліктері бар, мысалы, қатаю кезінде айтарлықтай шөгуде деформациясы, жарыққа төзімділігі төмен болып табылады. Кейбір ғалымдардың еңбектеріне сәйкес, бұл кемшіліктерді дисперсті күшейту арқылы жоюға болады [51-53], бірақ бұл соңғы өнімнің қымбаттауына әкеледі. Ұялы және кеуекті бетондардың бір түрі – шыны қалдықтарына негізделген бетондар [54-56], олар сәйкесінше 500 және 800 кг/м³ тығыздықта 2,5 МПа дейін беріктікке ие. Алайда, ұялы бетон өнімдерін пайдалану аз қабатты құрылыста немесе рамалық типтегі үйлерде ғана мүмкін болады.

Көбікті шыны [57], көбікті керамика [58] және көбікті немесе газды бетон негізіндегі жылу өткізгіштік коэффициенті 0,08-0,22 Вт/(м·К) [59] диапазонында болатын жоғары тиімді қабырға материалдарының әзірлемелері бар, бірақ бұл материалдардың қолдану аясы да олардың беріктігімен шектелген, сонымен қатар көбікті немесе газды бетоннан тұрғызылған қабырға құрылымы қосымша гидрооқшаулағышты қажет етеді, өйткені ылғал осы өнімдердің жылуоқшаулағыш сипаттамаларын координаталық түрде төмендетеді.

Көбікті шыны, көбікті керамика және көбікті немесе газды бетон құрылыста қолданылатын жеңіл бетондардың әртүрлі түрлері болып табылады. Көбікті шыны – беріктігі және жақсы жылу және дыбысоқшаулағыш қасиеттері бар, тығыздығы төмен кеуекті көбікті шыны материалы болып табылады. Көбікті керамика – сазды немесе сазды қоспаларды көбіктендіруден алынған жеңіл материал, керамикалық материал, жоғары беріктікке, жылу мен дыбыс оқшаулағыш қасиеттеріне ие. Көбікті немесе газды бетон – кеуекті құрылымы ауа көпіріштерін енгізу арқылы қол жеткізілетін, тығыздығы төмен, беріктігі жоғары, жылу және дыбыс өткізбейтін жеңіл бетон материалы. Бұл материалдар құрылыста оқшаулау, қабырғалар мен бөлмелер тұрғызу үшін кеңінен қолданылады [60].

Тиімді жылуоқшаулағыш қабырға материалдарын әзірлеу және қолдану саласындағы елеулі жетістіктерге қарамастан, біздің еліміздің көптеген өңірлер үшін осы материалдардан жасалған бір қабатты қабырғалар қажетті жылу беру кедергісіне қол жеткізуді қамтамасыз ете алмайды. Сондықтан құрылыс өндірісінің тәжірибесіне тиімді жылуоқшаулағыш материалдары бар көп қабатты қабырға құрылымдары енгізілді [61-67].

Үш қабатты құрылымдардың ортаңғы қабаты ретінде әртүрлі жылуоқшаулағыш материалдарды қолдануға болады. Отандық нарықта бастапқы шикізат түрімен, құрылымымен, қалпымен, техникалық және жылу-физикалық сипаттамаларымен ерекшеленетін жылуоқшаулағыш материалдардың кең ассортименті ұсынылған [68].

Алдыңғы жылдардағыдай, отандық нарықтағы тұтыну құрылымында шыны және базальт талшықтары, минералды және кож жүніне негізделген жылуоқшаулағыш бұйымдарды қамтитын талшықты материалдар басым болды [69]. монтаждау кезінде талшықты жылуоқшаулағыш материалдар ылғалдан қорғауға қажет етеді, өйткені бұл материалдар ылғал талшықтарының қырылымына енген кезінде жылуоқшаулағыш сипаттамалары үйлестірілген түрде өзгереді.

Нарықтың 20%-дан астамы жылуоқшаулағыш көбікті материалдар, негізінен оларға полистирол көбік және полиуретанды көбік жатады. Полимерлі жылуоқшаулағыш материалдардың негізгі кемшілігі ультракүлгін сәулелеріне төзімсіздігі болып табылады [70].

Табиғи шикізаттан, кеңейтілген перлит пен вермикулит құмынан жасалған бұйымдарды қамтитын басқа жылуоқшаулағыш материалдар нарықтағы қолданыста 5%-дан аспайды [71].

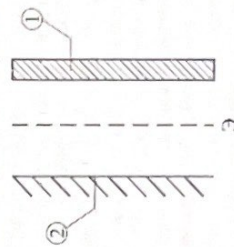
Ғимараттардың ішкі жылуоқшаулағыштарына арналған материалдарды әзірлеу кезінде мүлдем жаңа тәсіл қажет. Әрине, ең маңызды аспект – бұл тұрғын үйдің шаршы метрінің материалдық сыйымдылығы бойынша шығындардың, жылуоқшаулағыш материалдар мен жүйелерді енгізудің экономикалық әсерімен салыстырғанда оның құнының өлшемділігі болып табылады.

Жаңадан салынған және қолданыстағы ғимараттардың қоршау конструкцияларының жылуоқшаулағыш қасиеттерін жақсартудың басым бағыттарының бірі – жылу шағылыстыратын материалдарды қолдану.

Бөлмедегі жылу жағдайы бірқатар факторлардың бірлескен әсерімен анықталады: бөлменің температурасы, қозғалыштығы және ылғалдылығы, реактивті ағындардың болуы, ауа параметрлерінің жоспарда және бөлменің биіктігі бойынша таралуы, сондай-ақ олардың температурасына, геометриясына және радиациялық қасиеттеріне байланысты қоршаған беттердің радиациялық сәулеленуі. Конвективті және сәулелі жылу алмасу және масса алмасу процестерінің әсерінен бөлмедегі ауа мен беттердің температурасы өзара байланысты және бір-біріне әсер етеді [72].

Осылайша, белмедегі жылу күйінің тиімділігі жоғарыда аталған факторларға ғана емес, сонымен қатар қоршау құрылымдарының сипаттамаларына, соның ішінде олардың сәулелі жылу алмасуды азайту және энергияны қалпына келтіру процестерін жүргізу қабілетіне байланысты болып табылады.

Егер қоршау құрылымында үлкен шағылысу қабілеті бар материалдардан жасалған жылу шағылыстыратын сұйық жабындары ретінде сәулелі жылу алмасуды төмендететін экран болса, сәулеленудің кері бағытына қарай энергияны қайта шығару процестері жүреді. 1.4-суретте аталған сипаттамадағы экран болған жағдайдағы жылу алмасу процесі келтірілген.



1 – жылу көзі; 2 – қабырға беті; 3 – экран
1.4-сурет – Экран болған кезде жылу алмасу

Қоршаудың ішкі бетіне сәулеленудің жылу беруі ішкі құрылымдардың беттерінен (бөлім, төбе, еден және т.б.) қоршаудың ішкі бетінің температурасынан жоғары температурада болады. Жылу беру коэффициенті елестте 1.1 формула бойынша анықталады:

$$Q = \frac{1}{2} \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_n}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F \quad (1.1)$$

Текдеу (1.1) бойынша бір экран болған кезде сәулелік ағын екі есе азайтынын көрсетеді. Осылайша, есептеулерсіз де, экрандық жылу шағылыстыру болған кезде жылу ағынының сәулелі компоненті қабырға құрылымына сіңбейтіні, бірақ ғимараттың ішіне шағылысқаны анық болады. Егер сәулелік ағын жолында бірдей сәулелену коэффициенті бар n экрандар болса, мысалы, біреуі қабырғаға, екіншісі бөлек жабынға (гипсокартон), онда сәулелік компонент ($n+1$) есе азаяды [73]. Сонда текдеу 1.2 түрде келтіріледі:

$$Q = \frac{1}{n+1} \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_n}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F \quad (1.2)$$

Кейбір авторлардың есептелген тәуелділіктерінен [74] қыздырылған бетінен экрандарға дейінгі қашықтық алынған сәулелену ағынының шамасына әсер етпейтіні шығады. Сондықтан қазіргі жылуокшаулағыш принципін жылу шағылысу элементін қамтуы керек. [75, 76] белгілі болғандай, жылу беру процесі үш негізгі жолмен жүзеге асырылады:

- жылу өткізгіштік – бір-бірімен тікелей байланыста болатын бөлшектер немесе құрылым элементтері арасындағы жылу алмасу;
- конвекция – бір температурасы бар аймақтан екінші аймаққа кеңістіктегі сұйықтықтардың немесе газдардың көлемін жылжыту кезінде жылууды тасымалдау процесі;
- жылу сәулеленуі (сәулелік жылу алмасу) – электромагниттік толқындардың көмегімен жылуудың таралу процесі; бұл жағдайда дененің ішкі энергиясы сәулелену энергиясына ауысады.

Жылу сәулеленуін шағылыстыру қабілеті жоғары жылуокшаулағыш материалдардың жылу алмасу процесінің барлық үш компонентіне әсер етеді.

Қоршау құрылымында жылу шағылыстыратын экран жасау жылуокшаулағыш полимерлі композициялық материалдарды қолдану арқылы жүзеге асырылуы мүмкін [77]. Бұл материалдар жылуокшаулағыш бетке қолданылатын тұтқыр сұйық композициялар болып табылады, сәндік және жылуокшаулағыш функциясын орындайтын жабындарды құрайды.

Іс жүзінде, қоршау конструкцияларын дәстүрлі жылытқыштармен (минералды жүн, полистирол көбік және т.б.) жылуокшаулағыш процедураларын жаңа кезінде біртекті құрылымды алу мүмкін емес. Қаптама мен жылуокшаулағыштың өзі бекітілген арматуралық шыбықтар «суық аралықтардың» пайда болуына және нәтижесінде жылу жоғалуына әкеледі. Жылуокшаулағыш жабындардың көмегімен онтайландыру үшін жоғары жылу өткізгіштігі бар қосымша

элементтер қажет болмағандықтан, «суық көпірлерсіз» құрылымдарды жылуокшаулағыш бойынша жұмыстар жүргізуге мүмкіндік туды. Сондай-ақ, жұқа қабатты жылуокшаулағыш жабындардың сөзсіз артықшылығы – жұмыстың күрделілігін айтарлықтай төмендетуі.

Осылайша, сұйық жылуокшаулағыш жабындарды қолдану бөлмені жылыту және салқындату шығындарын азайтуға, ғимараттардың энергия тиімділігін жақсартуға және өмір сүру мен жұмыс істеудің қолайлы жағдайларын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. СЖОЖ тиімділігі мен беріктігі компоненттер мен композицияларды дұрыс таңдауға, сондай-ақ араластыру технологиясына байланысты болып табылады.

1.4 Жылуокшаулағыш жабындарды жасауға арналған полимерлі дисперсиялар

Кез келген бояу материалының негізгі компоненті – үздіксіз ортаны құрайтын жабын құраушы қабат болып табылады. Жабын түзгіштер табиғи, синтетикалық шайырлар және басқа да жоғары молекулалық қосылыстар болады, олар қатты субстратта жеткілікті беріктігі, қаттылығы, тұтқырлығы, адгезиясы және т.б. қасиеттері бар берік жабын түзе алады.

Құрамында қуыс микросфералары бар жұқа қабатты жылуокшаулағыш жабындар алғаш рет 1995 жылғы патенттерде аталған [78, 79]. Алайда, бірінші жағдайда байланыстырғыш ретінде эпоксидті шайыр, ал екінші жағдайда силосан каучук қолданылады. Эпоксидті шайыр негізіндегі композиция қолданар алдында күрделі дайындықты қажет етеді, өйткені ол полимерлі байланыстырғыштың полимерлену процесін бастау үшін қатайтықты қолдануды қамтиды. Синлоксан каучук негізіндегі композиция 150°C дейінгі температурада қолданғаннан кейін жабын термиялық өңдеу қажеттілігін анықтайды. Сонымен қатар, қатты полимер – карбаимид-формальдегид шайырына негізделген паста тәрізді жылуокшаулағыш құрамы белгілі, алайда ол қышқыл қатайтықты қолдануды қажет етеді [80].

2003 жылдан бастап пайда болған патенттерде жұқа қабатты жылуокшаулағыш жабындар үшін байланыстырғыш ретінде полимерлердің су дисперсиялары ұсынылады [81]. «Thermal-Coat™» сұйық жылуокшаулағыш жабыны прототипі ретінде пайдаланылған өнертабыстың мәні полимерлі байланыстырғыш пен керамикалық және кремний қуыс микросфера бөлшектерінен басқа, сұйық жылуокшаулағыш материалда жабынның беріктігін арттыру үшін фибрилдері бар көміртекті микроталшықтар қолданылады. 2008 жылы фракталдық агрегаттар ретінде құрамында кеңейтілген перлит пен вермикулит бар қуыс керамикалық және кремний диоксиді микросфералары мен акрил латекс негізінде «сұйық керамикалық окшаулағыш жабын» [82] өнертабысына патент жарияланды, алайда құрамындағы материалдар шығынына байланысты экономикалық жағынан тиімсіз болып табылады.

Осындай жылуокшаулағыш композицияларды әзірлеу саласындағы қосымша зерттеулер шыны, полимер, күл сияқты қолданылатын микросфералық толтырғыштардың ассортиментін кеңейтуге бағытталған [83]. Болашақта бұл

энергетикалық құбырларда жылуоқшаулағыш материал ретінде бейімделеді және бұл [84] патентте көрсетілген.

Жұқа қабатты жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеудің тағы бір бағыты – сақтау мерзімінің шектелуіне және қолдануға дайын сұйық жылуоқшаулағыш композицияларды тасымалдау құнының қымбаттауына сүйене отырып, қолданар алдында тікелей жұмыс констанциясына дейін сұйықтықпен араластырылатын құрғақ қоспаларды қолдануды көздейді. Мысалы, байланыстырушы ретінде құрғақ қайта өңделген дисперсті полимер ұнтағы мен сұйық шыны және/немесе цемент қоспасы бар құрғақ қоспа [85] немесе құрамында органикалық компонент – полимердің сулы дисперсиясы және бейорганикалық – алюминий, кремнезоль [86] болатын энергетикалық белгілі.

Сұйық лак-бояу материалдарына деген қызығушылықтың артуы, олардың экологиялық таза болуына байланысты, полимерлердің су дисперсиялары негізінде материалдардың жылуоқшаулағыш қасиеттерін жетілдіру бағытындағы жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеу саласында одан әрі зерттеулер жүргізілді. Жұқа қабатты жабындардың жылу қорғау қасиеттерін жақсарту олардың жылу шағылыстыру қабілетін арттыру арқылы ұсынылады. Жылу шағылыстыратын компонент ретінде әртүрлі металлдарды пайдалану көзделді. Мысалы, белгілі жылуоқшаулағыш жабын [87] құрамында металл қабатпен қапталған жұмыс микросфералар бар: күміс, мыс немесе никель. Бұл шешімді іске асырудың қиыншылығы микросфераларға металл жабын бүрку технологиясының күрделілігінде және олардың жоғары құнында жатыр. Жылуоқшаулағыш бетінде жылу сәулеленуін көрсете алатын металлдандырылған экрандау қабатын құрудың тағы бір нұсқасы – 2 қабаттан тұратын жабын: біріншісі – байланыстырғыш пен микросфералардан тұратын жабын, екіншісі – шағылысу коэффициенті 0,6-дан асатын металдың жұқа қабат. Скринингтік қабат жылуоқшаулағыш қабаттың бетінде балқу температурасына дейін қыздырылған және газбен шашыратылған металл бөлшектерінен жасалады [88]. Бұл шешімнің кемшілігі де оны жүзеге асырудың күрделілігінде. Экрандау қабатын құрудың қарапайым әдісі микросфералар мен байланыстырғыштың жылуоқшаулағыш қабаттына, байланыстырғыш қабатқа және алюминий ұнтағына жағу арқылы ұсынылады [89]. Алайда, бұл шешім екі түрлі композицияны қолдануды талап етеді, оларды қабатты қолдану, ал алюминий ұнтағы салыстырмалы түрде төмен шағылыстыруға ие.

Органосиликатты, кремний органикалық, винилхлоридті байланыстырғыштарды қолданудың өзара үйлесімсіздік, күшті иісті еріткіштер, күрделі өңделу сияқты бірқатар кемшіліктері бар [90]. Сонымен қатар, әлсіз субстраттардағы органикалық бояулардан пайда болған бояу пленкалары көбінесе гипстің жоғарғы қабаттының ұсақ сынықтарымен бірге тез жарылып қабыршақталады [91].

Керіп отырғанымыздай, ерітінді немесе дисперсия түрінде болуы мүмкін полимерлер жылуоқшаулағыш жабындар үшін байланыстырушы зат ретінде қолданылады. Ерітінділерде иондық тоғтар немесе иондық емес гидрофильді топтардың елдәуір мөлшері болса, полимерлер түзілуі мүмкін. Үлдір түзіліштердің полимерлеріне негізделген бояу материалдары, әдетте, анодты немесе катодты электродты тұндыру әдісімен алынған, машина жасау өнімдерін бояу үшін қолданылады.

Қазіргі уақытта полимерлі дисперсиялық бояулардың ассортименті өте үлкен. Дегенмен, бүкіл әлемде шығарылатын полимерлі дисперсиялық бояулардың көпшілігі үш негізгі түрге жататынын атап өткен жөн: стирол-бутадиен, поливинилacetат және акрилат бояулары.

Автор [92] атап өткендей, жылу желілерінің құбырларында жылуоқшаулағыш үшін қолданылатын СЖОЖ құрамындағы байланыстырушы зат ретінде келесі бояу жабындарын пайдалану ұсынылады: органосиликат, эпосидті, кремний органикалық, полиуретанды және т.б. ұсынылған байланыстырғыштардың ішінде эпосидті шайыр кең таралған және кеңінен қолданылады.

Коррозияға қарсы, отқа төзімді белгілі композиция эпосидті шайырды, катайтықшы қамтитын жылуоқшаулағыш жабын, қуыс шыны микросфералар, қосымша қоспалар ретінде – пластификаторлар, бояғыш пигменттер және т. б. тұрады [93]. Композицияның кемшілігі коррозияға қарсы қасиеттерін жоғалтпау үшін оны қолданар алдында ғана жасау қажеттілігі болып табылады.

Осылайша, аталған байланыстырғыштардың түрлері мен қасиеттерін зерттеу барысында технологиялық және экономикалық, әсіресе жылу-физикалық тапаларына сәйкес полимерлі жылуоқшаулағыш жабынның байланыстырғышы ретінде эпосидті шайырды таңдау оңтайлы пайдалануға әкеледі.

1.5 Жылуоқшаулағыш материалдарды өндіруге арналған жұқадисперсті минералды толтырғыштар

Толтырғыштарды полимерлі байланыстырғыштарға енгізу – бұл бастапқы компоненттерден ерекшеленетін технологиялық немесе пайдалану қасиеттері бар заманауи композициялық материалдарды құрудың ең перспективті әдісі. Полимер матрицасының физикалық қасиеттері мен құрылымының өзгеруі, ең алдымен, адсорбциялық немесе молекулалық өзара әрекеттесуді қамтитын «полимерлі байланыстырғыш – қатты» интерфейсіндегі өзара әрекеттесуге байланысты. Олар фаза аралық алгезияға, толтырылған жүйелердің физикалық, механикалық және басқа да қасиеттеріне жауап береді [94, 95].

Жұмыста ұсынылған композиция [96] аминді катайтықшымен қатайтылған эпосидті шайырды қамтиды. Пластификатор ретінде реактивті резеңке қолданылады. Отқа төзімділікті арттыру үшін композицияға мусковит слюда қосылады. Жабын жасау үшін композиция алдымен эпосидті реактивті резеңкемен мұқият араластырылады. Әрі қарай, композицияға қуыс микросфералар қосылып, қайтадан араластырылады. Содан кейін мусковит слюдасы катайтықшымен мұқият араластырылып, жасалған қоспаны микросфералармен толтырылған эпосидті-резеңке композициясымен біріктіреді, араластырады және алдын ала дайындалған бетке қолданады. Керамикалық немесе шыны микросфералармен толтырылған жабын бетіне түсетін сәулеленуі шағылысу және шашырау қабілетіне ие.

Ең жақсы жылуоқшаулағыш ауа, оның жылу өткізгіштік коэффициенті 0,023 Вт/(м·К) екені белгілі. Егер технологиялық тұрғыдан «қуыс микросфералар» деп аталатын ауамен толтырылған ішкі қуысы бар материалдарды жасау

мүмкін болса, онда жылу өткізгіштігі төмен материалды алу шарттары пайда болады [97]. Демек, қуыс микросфералар композициялық жылуоқшаулағыш жабын үшін толтырғыш ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Сұйық шыны және алюминий силикат микросфераларына негізделген құрылымдық жылуоқшаулағыш құрылыс материалын алу әдісі белгілі [98]. Бұл әдіс процесі алюминий силикатты микросфералар мен тұтқыр компонентті араластыруда, қалыптауда, термиялық өңдеуді, қартаюды, салқындатуды қамтиды. Материал жоғары жылу өткізгіштік коэффициентімен 0,16 Вт/(м·К) және 6-17 МПа қысу беріктігімен сипатталады.

Жұмыста [99] сұйық шыны негізіндегі жылуоқшаулағыш жабындардың құрамы сипатталған. Өнертабыс жылуудан қорғайтын жабындарды алу технологиясына жатады және беттерді жоғары температуралық әсерлерден қорғау үшін пайдалануға болады. Қаптамаға хлорсульфирленген полиэтиленнің сыртқы қабаты және сұйық натрий шыны құрамының кем дегенде бір қабаты, қатайтқыш ретінде кремний фторидті натрий, толтырғыш – шамот, аэросил және ұзындығы 5-10 мм шыны жіптер, бейорганикалық пигмент және кристалл гидраттары кіреді.

Жылу өткізгіштік коэффициенті 0,070 Вт/(м·К) болатын байланыстырушы компонент ретінде сұйық әйнекті [100] қамтитын жылуудан қорғайтын жабындарға арналған композиция белгілі. Қоспалар ретінде вермикулит, перлит, каолин, шыны микросфералар, талшықты материал қолданылуы мүмкін. Жабындардың негізгі кемшіліктеріне созу кезіндегі салыстырмалы ұзарудың жеткіліксіз мәні және жабында жарықтар пайда болу үрдісі жатады.

Әдеби деректерді талдаудан бейорганикалық байланыстырғыштарға негізделген бұл талшықты жылуоқшаулағышқа қарағанда әлдеқайда жоғары СЖОЖ жылу өткізгіштік коэффициенті 0,050 Вт/(м·К) шамасынан төмен емес. Сипатталған СЖОЖ физикалық-механикалық көрсеткіштерінің мәндері оларды белгілі бір жағдайларда, мысалы, дірілге ұшыраған құбырлар үшін қолданған кезде қанағаттанарлықсыз болып табылады. Пластикалық деформациясының төмен мәніне ие бола отырып, СЖОЖ бетінде жарықтар пайда болады, бұл материалдың бұзылуына әкеледі.

Керіп отырғанымыздай, қолданыстағы композициялық жылуоқшаулағыш жабындардың тиімділігі ең бастысы олардың төмен жылу өткізгіштік коэффициентімен түсіндіріледі. Жабынның төмен жылу өткізгіштігіне оның құрамында әртүрлі сипаттағы қуыс микросфералардың болуына байланысты қол жеткізіледі. Микросфералардың құны композициялық материалдың шығын құнына әсер етеді.

Микросфералық толтырғыш ретінде отын электр станцияларының көмірін жағудан бөлінетін құл-қож қалдықтарынан қуыс алюминийді қамтитын микросфераларды қолдану композициялық жылуоқшаулағыш жабынның құнын елеуір төмендетуі мүмкін, ал жабынның жоғары жылу шағылыстырғыштығы оның құрамында металл пигменттің болуы арқылы қамтамасыз етілуі керек [101]. Сонымен қатар, техникалық нәтижеге қол жеткізу үшін [102] әдісте алюминий ұнтағын қолдана отырып, беттік қабаты 70-230°C температура шамасында қыздыру талап етіледі.

Қажетті жылуоқшаулағыш сипаттамаларына қол жеткізу үшін микросфералардың ең қолайлы диаметрі 60-тан 100 мкм-ге дейін өзгеретіні анықталды. Диаметрі 60 мкм-ден аз микросфераларды қолданған кезде термиялық кедергісі төмен микросфералардың бір-біріне жакын орналасқан қабырғаларынан пайда болатын «жылу көпірлерінің» саны артады. Микросфералардың диаметрі 100 мкм-ден асқан жағдайда, байланысты жабынның жылуоқшаулағыш қасиеттерінің жасының жоғарылауына байланысты жабынның материалдың көлемдік концентрациясының төмендеуі байқалады. Бұл жағдайда микросфералармен толтырудың ең жоғары дәрежесі көлемі бойынша 70-85% құрайды. Жоғары жұмыс температурасында пайдаланылатын конструкциялар мен жабдықтардың беттерін жылуоқшаулағыш материалымен жабдықтау үшін пайдаланылатын құрамдарды алу үшін байланыстырғыштың ең аз мөлшеріне жол беріледі [103].

Қазіргі уақытта ғимараттар мен басқа да құрылыстардағы жылуоқшаулағыш материалдар өндірісінде шөгінді жыныстардан алынған жұқа дисперсті минералды толтырғыштардың көп мөлшері қолданылады. Дисперсті ұнтақтар екі фазалы (құрғақ) немесе үш фазалы (ылғалды) жүйе болып табылады, олар газбен, ылғалмен немесе екеуімен де толтырылған кеуектермен бөлінген әртүрлі пішіндегі және өлшемдегі қатты бөлшектердің үлкен санынан түзілген. Мұндай күрделі материалдағы жылу беру: жеке бөлшек бойындағы жылу өткізгіштік, жылу беру, бөлшектердің жанау орындарындағы жылу өткізгіштік, бөлшектер арасындағы бос орындарды толтыратын ортадағы молекулалық жылу өткізгіштік, орта-бет шекарасындағы жылу беру, газ бен ылғалдың конвекциясы, бөлшектен бөлшекке сәулелену болып табылады [104]. Дисперсті ұнтақтардың өзі ұйымдастыру процестері «құрылымдағы құрылымды» қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Бұл жылуы жақсы өткізетін дөңдердің көлемдік үлесін азайту, сондай-ақ құрылымдық гетерогенділіктердегі электромагниттік толқындардың шағылысуы мен сынуы арқылы тиімді жылу өткізгіштіктің өткізгіш және сәулелік құрамдас бөлігінің төмендеуіне ықпал ететін көп деңгейлі кеуекті жүйенің пайда болуына әкеледі [105].

Жылуоқшаулағыш жабындардың пайдалану сипаттамаларын жоғалтпай қымбат микросфералардың бір бөлігін жұқа дисперсті минералды ұнтақтармен ауыстыру бойынша зерттеулер бар, мысалы, микрокремний диоксиді, ак қуыс және диагномит күйдірілген және күйдірілмеген қолданылады [106]. Экономикалық тұрғыдан алғанда, микрокремнеземді композициялық жылуоқшаулағыш жабын үшін толтырғыш ретінде қолдану мүмкіндігін қарастырған жөн.

Жоғары жылу қорғау қасиеттеріне, төмен тығыздығына, экологиялық тазалығына және отқа төзімділігіне байланысты жұқа дисперсті минералды ұнтақтар – микрокремнеземдерді СЖОЖ өндірісінде тиімді толтырғыштар ретінде қолдануға болады, бұл қуыс микросфералардың шығынын және нәтижесінде өндірілетін өнімнің өзіндік құнын төмендетеді. Осыған байланысты жоғары өнімділік сипаттамалары бар жұқа дисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде жылуоқшаулағыш жабындардың құрамын жасау міндеті туындайды.

Осылайша, бұл эпохалық полимер мен микрокремнеземнің дисперсиясына негізделген жылуоқшаулағыш жабынның құрамын құру арқылы жүзеге асырылуы мүмкін екендігі анықталды.

2 МАТЕРИАЛДАР ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

2.1 Жылуокшаулағыш жабын алуға арналған материалдар мен компоненттер

Монографияда эксперименттік зерттеулер үшін зерттеу объектісі ретінде «ЭПИТАЛ ЭНПЦ» АҚ өндірісінің компоненттері негізінде алынған 2 типті толтырылмаған ЭШ үлгілері пайдаланылды:

– Эпоксидті шайыр ЭД-20 көрінетін механикалық қосындылары жоқ сарғыш түсті мөлдір тұтқыр сұйықтық. Өнеркәсіпте таза түрінде немесе композициялық материалдардың компоненттері ретінде (құю және сіңдіру қосындылары, желімдер, тығыздағыштар, арматураланған пластмассаларға арналған байланыстырғыштар, қорғаныс жабындары) қолданылады. MEMCT 10587-84 сәйкес ЭД-20 эпоксидінің негізгі технологиялық көрсеткіштері 2.1-кестеде келтірілген [107].

2.1-кесте – ЭД-20 эпоксидті шайырының технологиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштің атауы	MEMCT 10587-84 бойынша көрсеткіш нормасы
1	Сыртқы түрі	Тұтқырлығы жоғары мөлдір көрінетін механикалық қосындылары мен су іздері жоқ
2	Темір-кобальт шкаласы бойынша түс, артық емес	3
3	Эпоксидті тоңтардың массалық үлесі, %	20,0-22,5
4	Хлор ионының массалық үлесі, % артық емес	0,001
5	Гидроксид тоңтарының массалық үлесі, % артық емес	1,7
6	Ұша заттардың массалық үлесі, % артық емес	0,2
7	Динамикалық тұтқырлық, 20°C температурада Па·с	13-20
8	Қатайтылған қолыну уақыты, с/с, кем емес	8,0

– Модификацияланған эпоксидті шайыр Этал-247 – тұтқырлығы төмен модификацияланған эпоксидті шайыр (тұтқырлығы ЭД-20-дан 20-22 есе төмен). Шыныпластик құбырларды және сіңдіру немесе орау арқылы алынатын және ыстық сумен, кез келген концентрациядағы сілтілермен, тұздардың, қышқылдардың (тотықтырғыштардан басқа) ыстық ерітінділерімен байланыста қолданылатын басқа да бұйымдарды өндіру үшін байланыстырғыштардың шайыр бөлігі ретінде, сондай-ақ полиарлық материалдарды желімдеуге, коррозияға қарсы жабындарды қорғауға, қаптауға, құюға, арналған құрамдардың шайыр бөлігі ретінде пайдаланылады. ТШ 2257-247-18826195-07 бойынша Этал-247 эпоксидінің негізгі технологиялық сипаттамалары 2.2-кестеде келтірілген [108].

2.2-кесте – Этал-247 эпоксидті шайырының технологиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштің атауы	ТШ 2257-247-18826195-07 бойынша көрсеткіш нормасы
1	Эпоксидті тоңтардың массалық үлесі, % кем емес	21,4-22,8
2	Брукфильд бойынша тұтқырлық 25°-та, СП	650-750
3	25° температурада В3-4 тұтқырлығы, мин. артық емес	4

Толтырғыш ретінде Өтесай кен орнының диатомиті негізіндегі микрокремнезем (ТШ 5743-048-02495332-96) пайдаланылды. Өтесай кен орны диатомитінен микрокремнезем күйдіргіш сілтінің сулы ерітіндісінде диатомитті дисгрегациялау арқылы кірпіе-гель тәсілімен алынған [109]. Микрокремнеземнің жалпы түрі 2.1-суретте келтірілген.



2.1-сурет – Микрокремнеземнің жалпы түрі

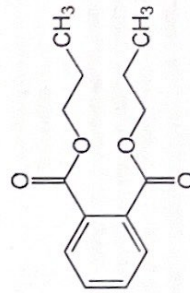
Қатайтылған ретінде пайдаланылды:

– Амин типті Этал-1440Н (ТШ 2257-3570-18826195-03) – эпоксидті шайырлар мен олардың негізіндегі қосылыстарды кез келген ылғалдылықта және су астында 0-40 °C температурада қатайтуға арналған, тұтқырлығы төмен, ашық-қара қоңыр түсті біртекті сұйықтық, Мартенс бойынша қатайтылған композициялардың жылуға төзімділігі 140 °C дейін [110];

– Этал-45М, Этал-1460 (ТШ 2257-045-18826195-01) – салицил қышқылы мен модификацияланған хош иісті және алифатты ди- немесе полиаминдердің қоспасы болып табылатын амин түріндегі қатайтылған, эпоксидті шайырлар мен олардың негізіндегі құрамдарды -7°C (+5-тен) +45°C-қа дейінгі температурада қатайту үшін қолданылады [111];

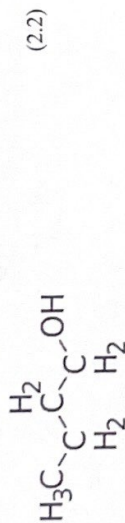
– Полиэтиленполиамин (ПЭПА) (ТШ 2413-357-00203447-99) – 50% этил немесе изопропил спиртінен гексаметилендиамин ерітіндісі және эпоксидті шайырлар мен олардың негізіндегі бояу материалдарын алуға арналған [112].

Пластификатор ретінде дибутилфталат (ДБФ) қолданылады (MEMCT 8728-88). Дибутилфталат – ашық сарыдан қою қоңырға дейінгі жидектер. Пластификаторлар – ұша емес, жоғары қайнаған жидектер, іс жүзінде суда ерімейді, гидролизге және ауа қозғалысына төзімді және құйманың төзімділігін арттыруға арналған, бұл оның механикалық әсерге төзімділігін арттырады [113]. Құрылымдық формуласы:



(2.1)

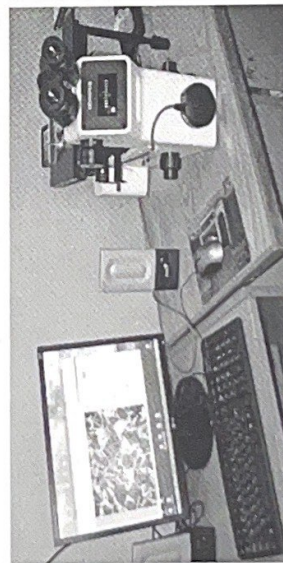
Антиоксиданттар ретінде салицил және фенол кышкылдары колданылды. Олар боягыштын ішіндегі тотығу процестерін баулатады. Сұйылтқыш ретінде – бутанол колданылды [114]. Құрылымдық формуласы:



2.2 Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелерді талдаудың физика-химиялық әдістері

2.2.1 Микрокремнезем бөлшектерінің гранулометриясы

Дисперсті ұнтақтардың гранулометриялық құрамын зерттеу үшін оптикалық микроскоптар колданылады. 2.2-суретте келтірілгендей OLYMUSGX-71 инверттелген металлографиялық микроскоп материалдың біріктірілген бөлшектерінің өлшемдерін, олардың пішінін, түсін бағалауға, макрокеуектердің және жарықтардың болуын анықтауға мүмкіндік береді. Белуді ұлғайту диапазоны – 12,5-3000х, кешен секундына 7 кадрды оқу жылдамдығымен 2088×1544 ажыратымдылығымен объектінің түрлі-түсті бейнесін алуға мүмкіндік беретін сандық камерамен жабдықталған.



2.2-сурет – Инверттелген металлографиялық микроскоп OLYMUSGX-71

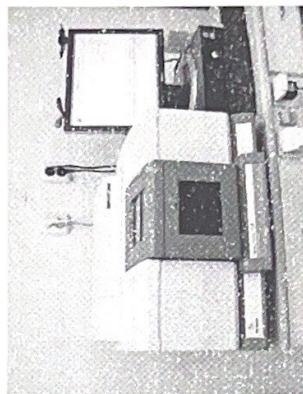
Дисперсті жүйелердің гранулометриялық құрамын егжей-тегжейлі зерттеу үшін ShimadzuSALD-3101 бөлшектерінің өлшем анализаторы колданылады (2.3-сурет). Ол 50 нм-ден 3000 мкм-ге дейінгі аралықтағы ұсақ бөлшектердің мөлшерін өлшеуге арналған және әртүрлі минералды ұнтақтарды зерттеу үшін колданылады.



2.3-сурет – ShimadzuSALD-3101 бөлшектердің өлшем анализаторы

2.2.2 Микрокремнезем бетінің құрылымын анықтау әдістемесі

Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде алынған жабындардың құрылымы мен химиялық сипаттамаларын зерттеу үшін ИҚ спектроскопиялық әдісі колданылды. ИҚ-спектрлерді тіркеу «NICOLET 5700 FT-IR» маркалы ИҚ-Фурие спектрометрінде 4000-400 см⁻¹ диапазонында 20°C температурада жүргізілді (2.4-сурет)



2.4-сурет – «NICOLET 5700 FT-IR» маркалы ИҚ-Фурие спектрометрі

ЭД-20 маркалы шайырдың сұйық үлгілерін талдау үшін тереңдетілген кристалды пластинасы бар префиксті қолдана отырып жүргізілді. ЭД-20 шайырының 1 см³ үлгісі беті сұйық фаза қабаттымен толығымен жабылатындай етіп ойыққа енгізілді. Пластиналар префикске салынып, үстіне қақпақпен жабылды.

Қатты үлгілерді талдау EasiDiff™ префиксін қолдана отырып жүргізілді, оның жұмыс принципі диффузиялық шағылысу құбылысына негізделген. ИҚ спектроскопиясы үшін 10 г KBr маркасы және 0,5 г қатты үлгі өлшенді, қоспаны ағат ерітіндісінде біртекті ұнтақ күйіне дейін сүртті. Алынған қоспаны кюветтердің біріне орналастырып, бетін қырғышпен мықтап басып, тегістеді. Екінші кюветке таза ұсақталған KBr (салыстыру үлгісі) орналастырылды.

2.2.3 Жұқадисперсті толтырығыш ұнтақтардың құрылымдық сипаттамаларын анықтау және бағалау

Кіші бұрыштық рентгендік шашырау (КБРШ) әртүрлі физикалық сипаттағы және агрегаттық күйдегі нанонаносандарды, соның ішінде жоғары дисперсті ұнтақтарды зерттеу үшін кеңінен қолданылатын дифракциялық әдіс болып табылады [115]. Бұл әдістің маңызды ерекшелігі – реттелген жүйелердің ішкі құрылымын талдау мүмкіндігі. Осы тұрғыдан алғанда, оны қолдану микро- және нанометрлік деңгейдегі гетерогенділіктің хаотикалық таралуы бар жүйелер туралы тікелей құрылымдық ақпарат алу жолы болып табылады.

Толтырығыш ұнтақтарының құрылымдық сипаттамаларын анықтау және бағалау үшін «Necus S3-MICRO X-Ray SAXS/SWAX System» (Австрия, 2006 ж.) рентгендік кі бұрышты дифрактометр пайдаланылды (2.5-сурет).



2.5-сурет – Кіші бұрыштық рентгендік шашырау «Necus S3-MICRO X-Ray SAXS/SWAX System» аспабы

Рентгендік толқын ұзындығы 0,05-тен 0,5 нм-ге дейін, кіші бұрыштық шашырау әдісі өлшемдері бірліктерден бірнеше жүз нанометрге дейінгі құрылымдарды зерттеуге мүмкіндік береді.

Монодисперсті жүйелердегі интеграциялау S_{min} -ден S_{max} -ке дейін нанобөлшектердің максималды мөлшерін анықтау үшін төңдеуге сәйкес жанама Фурье түрлендіру бағдарламасы арқылы эксперименттік деректерден есептелетін $P(r)$ таралу қисығы 2.3 формуламен анықталады:

$$P(r) = \frac{1}{2\pi^2} \int I_{\text{эксп}}(s) \frac{\sin(sr)}{sr} ds \quad (2.3)$$

Бұл параметрдің дұрыс мәнінің критерийі $P(r)$ қисығының тегістігі және айырмашылық қисығында жүйелік кателіктердің болмауы болып табылады $I_{\text{эксп}}(s) - I_{\text{теор}}(s)$, мұндағы $I_{\text{теор}}(s)$ – кері Фурье түрлендіруі арқылы табылған $P(r)$ қисығы бойынша шашыраудың теориялық қарқындылығы:

$$I_{\text{теор}}(s) = 4\pi \int_0^{\infty} P(r) \frac{\sin(sr)}{sr} dr \quad (2.4)$$

интеграциялау $r = 0$ -ден r_{max} -қа дейін.

R_g бөлшегінің электронды инерция радиусы екі формула бойынша автоматты түрде анықталады. Есептеудің бірінші әдісі s саласында әділ Гинье жуықтауды қолдануға негізделген:

$$R_g^2 = \frac{\ln I(0) - \ln I_{\text{эксп}}(s)}{s^2} \quad (2.5)$$

Инерция радиусының екінші мәні қашықтыққа бөлу функциясынан алынады. Гинье формуласы:

$$I(s) = I(0) \left[1 - \frac{s^2}{3} \frac{\int_0^{\infty} r^2 P(r) dr}{2 \int_0^{\infty} P(r) dr} \right] = I(0) \left[1 - \frac{s^2}{3} R_g^2 \right] \quad (2.6)$$

Егер алынған инерция радиусының мәндері арасындағы алшақтық 10%-дан асса, онда зерттелетін жүйе монодисперсті емес және ол үшін $P(r)$ орнына гетерогенділіктің көлемдік таралу функциясын есептеу қажет. Гинье формуласын логарифмдегенде алынады:

$$\ln I(s) \approx \ln I(0) - \frac{s^2 R_g^2}{3} \quad (2.7)$$

s^2 -ден $\ln I(s)$ графигінің түзу бөлігінің көлбеу бұрышының тангенсінен инерция радиусын табуға болады.

Диффузиялық бөлшектердің фракталдық өлшемін $I_g(l) - I_g(s)$ координаттағында көрсетілген шашырау қисығының сәйкес сызықтық учаскелерінің көлбеуінен анықтауға болады. Жалпы жағдайда $n \leq 4$ фракталдық беттегі шашырау қисығын қарқындылығының шашырау векторына тәуелділігі 2.8 формуласымен анықталады:

$$I(s) \sim s^{-n} \quad (2.8)$$

Көлемді және массалық фракталдар үшін n параметрі D_v фракталдық өлшеммен сәйкес келеді, және ол $1 \leq D_v \leq 3$ аралығында. Фракталдық беттері бар үш өлшемді түзілімдерден шашырау кезінде $n=6-D_s$, мұндағы D_s – беттің фракталдық өлшемі $2 \leq D_s \leq 3$ аралығында. Демек, $3 < n \leq 4$ шамасы логарифмдік координаттағы $I(s)$ тәуелділікті пайдаланып, алынған түзудің көлбеу бұрышында беттің фракталдық өлшемін анықтауға болады:

$$D_s = 6 - \frac{4 \lg I(s)}{\Delta \lg(s)} \quad (2.9)$$

Полидисперсті ұнтақтар, әдетте, диффузиялық гетерогенділік мәндердің жеткілікті кең ауқымында жатқан тән өлшемдерге ие жүйелер болып табылады. Гетерогенділіктің сызықтық өлшемдерін қарапайым формула бойынша бағалауға болады:

$$L = \frac{2\pi}{s} \quad (2.10)$$

КВРШ эксперименттік спектрдің Гаусс қысықтарын қысқа (I^2-s) координаттарында жуықтау әдісін қолдану арқылы I^2 максимум позициясына сәйкес келетін және шашыраңқы бөлшектердің көрсетілген орташа λ өлшемін сипаттайтын δ_{max} шамасы анықталады.

2.2.4 Фракталдық жылу беру моделін талдау

Фракталдық жылу беру моделі және диатомиттен синтезделген бөлшектердің түйіршікті жүйесінің негізгі параметрлері, бұл сұйық өнімнің берілген жылу өткізгіштік деңгейін қамтамасыз ететін оңтайлы кеук құрылымының қалыптасуына әсер етеді.

Түйіршікті, кеукті жүйелердегі жылу беру механизмі өте күрделі, өйткені материалда жылу беру екі фазадан тұратын (қатты және газ) және фазалық интерфейсте жүреді.

СЖОЖ-да жылу беру бір қатты бөлшектен екіншісіне ауысуы мүмкін (индуктивті компонент $- \lambda_1$). Жылу өткізгіштік байланысты болады: материалдың химиялық және элементтік құрамы; бөлшектердің мөлшері бойынша таралуы; бетінің топологиясы – гетерогенділіктің, беттік ақаулардың болуы; түйіспелер саны және бөлшектер арасындағы байланыс аймағы.

Кеуктердегі газдың жылу беруі (конвективті компонент $- \lambda_2$) газ молекулаларының соқтығысуы арқылы жүзеге асырылады. Жылу өткізгіштік молекулалардың еркін жүру ұзындығы мен сызықтық кеук өлшемдерінің $- d$ қатынасымен, газ фазасының температурасы мен динамикалық тұтқырлығымен, сондай-ақ газ молекулалары мен қатты фазаның өзара әрекеттесу сипатымен анықталады.

Сәулелену арқылы жылу беру (сәулелену компоненті $- \lambda_3$) бөлшектердің табиғатына, диэлектрик және магниттік өткізгіштікке байланысты болады.

Түйіршікті жүйелердегі мүмкін жылу беру механизмдерін талдауға сүйене отырып, жүйенің тиімді жылу өткізгіштігі $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$, басқалары тең болған жағдайда, түйіршікті материалдардың кеук кеңістігінің құрылымына, топологиясына және бөлшектер санына байланысты деп айтуға болады. Бу түйіршікті материалдар құрылымының идеалдандырылған модельдерін мінсіз тегіс сфералардың реттелген кластерлері ретінде қарастыра отырып, біз құрылымдардың бірнеше нұсқаларын ала аламыз: тетраэдрлік; алтыбұрышты; сфералардың текше қаптамасы.

Құрылымның әр түрі үшін сәйкес кеуктілік m болады: 0,26; 0,4; 0,47. Кеуктер арасындағы байланыс бұзылмайтын шекті кеуктілік $m_p = \pi/6 \approx 0,52$ ағып кету шегіне тең. Еркін құлау жағдайында түйіршікті жүйелердің кеуктілігі 90%-дан асуы мүмкін. Егер түйіршіктер арасындағы үздіксіз байланыстар сақталса, $m > m_p$ кеуктілігі бар түйіршікті жүйелердің болу мүмкіндігін негіздеу үшін, модельдерді $N_k = 2$ координациялық саны болатын тізбекті құрылымдар түрінде қарастыру ұсынылады.

Негізінде егер координациялық сан Г. Н. Дульнев ұсынған 2.11 теңдеумен анықталса:

$$N_k = (m + 3 + \sqrt{m^2 - 10m + 9}) / 2m \quad (2.11)$$

Содан кейін $m = 90\%$ және $m = 96\%$ кеуктілік мәндері үшін $N_k(90) = 2,7$; $N_k(96) = 2,5$ аламыз. Координациялық сандардың мәндері 2-ге жақын, бұл гипотезаның әділдігін растайды. Алайда, түйіршікті құрылымның түрі қатты фазаның элементтік және химиялық құрамына байланысты. Ұсақ микрокремнезем экологиялық таза, өрт қауіпсіздігі, вакуумдағы қасиеттердің тұрақтылығы, бөлшектер бетінің топологиясы талаптарына жауап беретін оқшаулағыш толтырғыш ретінде қолданылады. Микрокремнезем құрылымы белгілі бір мөлшердегі глобулаларға жиналған аморфты кремний диоксидінің полимерленген жіптерінен тұратын опалдармен ұсынылған. Шарлар өз кезегінде текше немесе алтыбұрышты қаптамада біркелкі орналасады. Мұндай кеңістіктік қаптаманың координациялық саны 2-ден үлкен, сақина құрайтын бөлшектер үшін N_k 2-ге тең. Коллоидты ерітіндіде конденсация кезінде $5 \div 7$ нм бөлшектерден $1 \div 3$ нм өлшемді болып табылатын кремний оксидінің бөлшектері өсетіні эксперименталды түрде анықталды.

Одан кейін бөлшектердің агрегациясы және 20-40 нм глобулалардың түзілуі жүреді, олардан 300-400 нм глобуларлық кластерлер түзіледі. Синтез шарттары мен кластерлеу процесіне байланысты глобулалардың мөлшері 1200 нм-ге жетуі мүмкін [116]. Содан кейін бұл глобулалар текше немесе басқа қаптамасы бар макроқұрылымды құрайды.

Б. М. Смирновтың айтуынша, кластерлік құрылымның қалыптасуы екі кезеңде жүреді: бірінші кезеңде кластер бөлшектер оған жабысқан сайын өседі (DLA моделі); екінші кезеңде кластерлер «кластер – кластер» қауымдастығына (CCA моделі) біріктіріледі.

Осылайша, R кластерінің радиусы және ондағы бөлшектердің саны n қатынасы 2.12 теңдеуімен анықталады:

$$n = \left(\frac{R}{r_0} \right)^D \quad (2.12)$$

мұндағы: r_0 – жеке бөлшектің радиусы;

D – кластердің фракталдық өлшемі.

Пайда болған кластердің m массасы R радиусымен байланысты 2.13 теңдеуімен анықталады:

$$m = m_0 \left(\frac{R}{r_0} \right)^D \quad (2.13)$$

Кеукті дисперсті жүйелердің фракталдық қасиеттерін зерттеу зерттелетін нысандарға бағытталған рентгендік сәулеленудің шашырауын талдауға негізделген. Алынған нәтижелер R_{max} кеуктерінің максималды өлшемін 2.14 формула бойынша есептеуге мүмкіндік береді:

$$R_{max} = r_0 (\rho_0 / \bar{\rho})^{1/(3-D)} \quad (2.14)$$

мұндағы: r_0 – кремний диоксидінің бастапқы бөлшегінің өлшемі;
 $\rho_0 - SiO_2$ -ның шынайы тығыздығы;

$\bar{\rho}$ – r өлшемді кластеріндегі заттың тығыздығы;

D – фракталдық өлшем.

(2.15) формуласынан орташа тығыздық $\bar{\rho}(r)$ мен кластер өлшемі r арасындағы қатынасты алуға болады:

$$\bar{\rho}(r) = \rho_0 (r_0/r)^{3-D} \quad (2.15)$$

Тығыздық ρ мен кеуектілік P арасындағы қатынасты колдана отырып түйіршікті жүйенің кеуектілігі 2.16 формула бойынша анықталады:

$$P = 1 - \rho_i / \rho_0 \quad (2.16)$$

2.3 Эпоксидті шайырдың қатаю процедурасы және үлгілерді дайындау әдісі

Ең алдымен эпоксидті шайыр мен қатайтқышты араластырмас бұрын, бұйымның сығыштығын азайту мақсатында эпоксидті шайыр құрамына пластификатор ДБФ (дибутилфталат) қосылды. Пластификаторды қосудың стандартты ара қатынасы 1:10 (пластификатордың 1 бөлігіне шайырдың 10 бөлігі) колданылды.

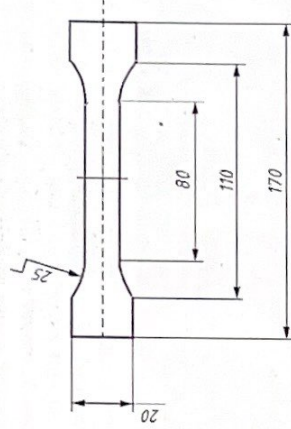
ЭД-20 эпоксидті шайырының ПЭПА қатайтқышымен қатынасы 100:10 (қатайтқыштың 1 бөлігіне шайырдың 10 бөлігі), ал Этал-1460 – 100:39, Этал-45М – 100:50, Этал-1440Н – 100:56, Этал-247 эпоксидті шайырының Этал-1440Н қатынасы 100:53.2, Этал-1460 – 100:37, Этал-45М – 100:47.5, ПЭПА-мен қатынасы 1:9.5.

Үлгілерді жасау үшін жоғарыда аталған қатынаста пластификатор эпоксидті шайырға қосылып 1 сағат ішінде 65 кПа жұмыс жиілігінде СТ-400а ультратығыздық араластырғышпен (2.6-сурет) араластыра отырып, біртекті масса қалыптасқаннан кейін аталған қатынастарда қатайтқыш енгізіліп тағы 20 минут араластырылды.



2.6-сурет – «СТ-400А» ультратығыздық ванна

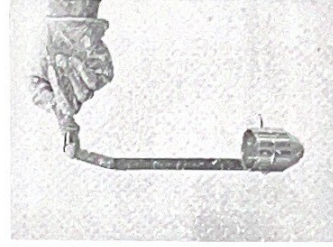
Дайын қоспа сынақ жүргізу үшін қалыптарға құйылды. Үлгілердің белме температурасында 24 сағатта 80% беріктікке ие болды, толық беріктікті 48 сағатта иеленді. Қалып өлшемі мемлекет аралық стандарт МЕМСТ 11262-2017 «Пластмассалар. Созылу сынағы әдісі» бойынша «сегіздік» түрдегі қалыптар колданылды [117]. Сыналатын үлгі және өлшемі 2.7-суретте келтірілген.



2.7-сурет – Созу сынағына арналған үлгілердің өлшемдері

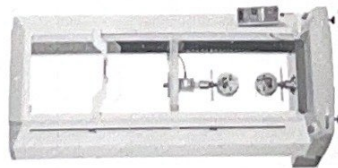
2.4 Эпоксидті шайыр мен қатайтқыш түрлерін салыстырмалы тұтқырлық және серпімділік-беріктік қасиеттерін анықтау барысында таңдау негіздемесі

Алынған құрамдардың тұтқырлығы МЕМСТ 8420-2022 «Лак-бояу материалдары. Шартты тұтқырлықты анықтау әдістері» [118] ВЗ-4 типті 4 мм диаметрілі вискозиметр колдану арқылы анықталды (2.8-сурет).



2.8-сурет – ВЗ-4 типті вискозиметр

Созылу сынақтары MEMCT 11262-2017 «Пластмассалар. Созылу сынағы әдісі» бойынша полимерлі композиттердің құрамын механикалық сынау үшін TRAPEZIUM X бағдарламалық жасақтамасы бар AGS-X сериялы сынақ машинасы қолданылды (2.9-сурет), кернеулер мен деформациялардың мәндерін бекіту жиілігі 0,01 с болды. Созылу сынағы әдісі $23 \pm 2^\circ\text{C}$ температурада және ауаның салыстырмалы ылғалдылығы $50 \pm 5\%$. Сынау жару машинасының қысқыштарының жылжу жылдамдығы 2 мм/мин болды.



2.9-сурет – AGS-X сериялы сынақ машинасы

2.5 Жылуокшаулағыш жабындарға табиғи климаттық сынақтар жүргізу әдістемесі

Зертханалық жағдайда сынақтар жүргізу кезінде үлгілер эпоксидті композитті қатайғаннан кейін бөлінген тығыз полиэтиленнен жасалған беттік бұйымдарға жағу арқылы дайындалды. Берілген пішін мен өлшемдердің үлгілерін жағу үшін трафареттер қолданылды.

Өнімнің беріктігі мен сенімділігіне агрессивті факторлардың әсерін бағалау кезінде нормативтік құжаттар өнімнің күйіне объективті баға бермейтін белгілі бір қасиеттердің өзгеруін, деградациясын бағалауға назар аудартады.

Табиғи сынақтар Н.П. Огарев ат. Мордовия мемлекеттік университетінің (Саранск қ.) автоматты климаттық бақылау станциясының (АБС) көмегімен жүргізілді. Үлгілер экологиялық-метрологиялық зертхананың сынақ стенділерінде орналастырылды (2.10-сурет). Метрологиялық параметрлерді өлшеу (температура, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, жалпы күн радиациясы, ультракүлгін сәулелену, атмосфералық қысым, желдің жылдамдығы мен бағыты, жауын-шашын мөлшері, ластанушы заттардың құрамы әр 20 минут сайын автоматты түрде жүргізілді.

Табиғи климаттық жағдайларда пайдаланылатын композициялық материалдардың климаттық тұрақтылығына әсер ететін негізгі метеорологиялық көрсеткіштерге, сондай-ақ экспозиция айы мен кезеңіне байланысты олардың өзгеруіне талдау жасалды. Бастапқы деректер ретінде 2021 жылы АБС көмегімен жинақталған метеорологиялық параметрлердің сандық көрсеткіштері пайдаланылды. Көрсеткіштерді тәулік бойы бекіту жиілігін ескере отырып (тисінше әрбір 20 және 10 минут сайын, метеорологиялық (ауа температурасы мен ылғалдылығы, қысым, желдің жылдамдығы мен бағыты, жауын-шашын және т. б.) және актинометриялық (күн радиациясы, А және В диапазондарының ультракүлгін сәулелері) параметрлері үшін) 10 ай ішінде қарастырылды.



2.10-сурет – Экологиялық-метеорологиялық зертханада үлгілерді экспозициялау

2.5.1 Түс сипаттамаларының өзгерісі

Табиғи экспозиция кезінде түс сипаттамаларының өзгеруі күн радиациясы, температураның өзгеруі, ылғал, жауын-шашын және т. б. сияқты әртүрлі климаттық факторлардың жиынтық әсеріне байланысты деп саналады. Ең маңызды факторлар күн радиациясының жиынтық жинақталған мөлшері, әсіресе оның ультракүлгін А компоненті, $280-315$ нм диапазонында анықталған. Полимерлі композициялық материалдарға ультракүлгін сәулелену олардың сәндік сипаттамаларына әсер ететін жұмыстарда көрсетілген. Полимер бетінің сыртқы түрінің өзгеруіне байланысты агрессивті факторлардың әсерінен деградация процестерінің жылдамдығын бағалауға болады [119-122].

Декоративті сипаттамалардың өзгеруін талдау MEMCT 52490-2005 «Лак-бояу материалдары. Колориметрия» сәйкес CIE L*a*b* Spectro-guide сияқты спектrophotометрі қолдана отырып, сондай-ақ «Лак-бояу жабындарының түс компоненттерінің статистикалық талдау» бағдарламасы көмегімен тікелей сканерлеу

әдісімен жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша әр композиция үшін белгіленген уақыт өткеннен кейін сыналатын үлгінің түс координаттары – L^* , a^* , b^* және анықтамалық үлгінің түс координаттары (климаттық әсерге дейінгі бақылау үлгісі) – L^* , a^* , b^* анықталды. Алынған мәндерден келесі түс айырмашылықтары 2.17, 2.18, 2.19 теңдеулер есептелді. Екі түстің арасындағы толық түс айырмашылығы ΔE_{ab}^* :

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2.17)$$

мұндағы: $\Delta L^* = L^* - L_R^*$; $\Delta a^* = a^* - a_R^*$; $\Delta b^* = b^* - b_R^*$; L^* , a^* , b^* – сынақ үлгісінің түс координаттары;

L_R^* , a_R^* , b_R^* – салыстыру үшін үлгі түсінің координаттары.

Ал ΔH_{ab}^* түс реңіндегі айырмашылық 2.18 формула бойынша анықталады:

$$\Delta H_{ab}^* = k_H \{[(\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta L_{ab}^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2]^{1/2}\} \quad (2.18)$$

мұндағы: $k_H = +1$ for $(a_R^* b_R^* - a^* b^*) \geq 0$, $k_H = -1$ for $(a_R^* b_R^* - a^* b^*) < 0$

Спектрофотометрдің көмегімен алынған сәндік көрсеткіштердің өзгеруін сипаттайтын қисықтардың түрін ескере отырып, түріне тәуелділік математикалық модель ретінде қолданылды, 2.19 теңдеу:

$$\Delta E_t^* = a_X \cdot X^{\beta_X} \cdot \exp\left(-\frac{\beta_X \cdot X}{\gamma_X}\right), \quad (2.19)$$

мұндағы: a_X , β_X , γ_X – зерттелетін композицияның құрамына байланысты теңдеудің коэффициенттері;

X – анықталған айнаымалы коэффициент талданатын қисықтардың түріне және экспозиция уақытына байланысы (T , күн), жалпы күн радиациясы (Q , МДж/м²) немесе А диапазонының толық ультракүлгін сәулеленуі (U_A , МДж/м²), В диапазонының толық ультракүлгін сәулеленуі (U_B , кДж/м²).

CD-6834 спектрофотометрінің көмегімен ЭШ сәндік параметрлерінің өзгеруін анықтаумен қатар, тікелей сканерлеу әдістерін қолдануға негізделген «Бояу жабындарының түс компоненттерін статистикалық талдау» бағдарласы қолданылды. Үлгілер СМУК форматында 2400 dpi ажыратымдылығы бар 9000F MarkII толық түсті планшеттік сканермен сканерленді. Бағалаудың дәлдігін арттыру үшін қосымша «Жарықтық» (H) арнасы қосылды. Сканерленген аймақтың өлшемі 20×20 мм болды, бұл бір үлгіде 1889² пиксельді талдауға мүмкіндік берді. Бақылау үлгілері үшін жарықтықты ескере отырып, түстің жалпы қанықтылығы 2.20 теңдеуімен анықталды:

$$E_{CMUKH} = \sqrt{S_C^2 + S_M^2 + S_Y^2 + S_R^2} \quad (2.20)$$

мұндағы S_C , S_M , S_Y , S_R және S_H – таза аклен салыстырғанда көк, күлгін, сары, қара компоненттер мен жарықтық үшін сәйкесінше қанықтылықтағы түс айырмашылықтары 2.21 формуламен анықталды:

$$S_p = \frac{\sum_{i=0}^{255} (255 - X_{pi}) \cdot f(X_{pi})}{255 \cdot 100} \quad (2.21)$$

мұндағы: X_{pi} – 0-ден 255-ке дейін өзгеретін түс компонентінің деңгейі; $f(X_{pi})$ – таралу тығыздығы.

Климаттық әсерге ұшыраған үлгілер үшін жалпы түс айырмашылығы 2.22 теңдеуімен анықталды:

$$\Delta E_{CMUKH} = \sqrt{(\Delta S_C^t)^2 + (\Delta S_M^t)^2 + (\Delta S_Y^t)^2 + (\Delta S_R^t)^2 + (\Delta S_H^t)^2} \quad (2.22)$$

мұндағы ΔS_C^t , ΔS_M^t , ΔS_Y^t , ΔS_R^t , ΔS_H^t – көк, күлгін, сары, қара компоненттер мен жарықтық үшін сәйкесінше климаттық факторлардың әсерінен қанықтылықтағы түс айырмашылықтарының өзгеруі:

$$\Delta S_C^t = S_C^{t=0} - S_C^t; \Delta S_M^t = S_M^{t=0} - S_M^t; \Delta S_Y^t = S_Y^{t=0} - S_Y^t; \Delta S_R^t = S_R^{t=0} - S_R^t; \Delta S_H^t = S_H^{t=0} - S_H^t \quad (2.23)$$

2.6 Эпоксидті-микррокремнеземді композиттерді алу әдістемесі

Маркасы ЭД-20 болатын эпоксидті шайырдан тұратын қоспа 20°C та қыздырылып, Этал-1440Н қатайтқышымен модификацияланды. Өлшенген кремний қос тотығының микробөлшектері 100:20 қатынасында бутанолда бөлме температурасында ертті ақ дисперсиясы алынғанша 50 КГц-те ультратыңбыстық өңдеуден арқылы дисперсияланып, модифицирленген эпоксидті шайырлармен жеке-жеке әрекеттестірілді. Алынған қоспаларды кремний диоксиді бөлшектері біркелкі таралуы және еріткішті буландыру мақсатында қосымша ультратыңбыстық өңдеуден өткізіп, 30°C қыздырылды.

Қатайтылғаннан кейін қалып бөлшектеу алдында бөлме температурасына дейін табиғи түрде салқындатылды. Алынған үлгілер сынақ жүргізу үшін қажетті мөлшерге дейін өңделді.

Эпоксидті-микррокремнеземді композиттер құрамдарының қатынастары ЭД-20:МК (80:20), ЭД-20:МК (70:30), ЭД-20:МК (60:40), ЭД-20:МК (50:50) болатын әр эпоксидті шайыр мен қатайтқыш түріне төрт түрлі үлгілер дайындалды (2.3-кесте)

2.3-кесте – Эпоксидті-микррокремнеземді композиттер құрамдарының қатынастары (%)

№	ЭД-20:МК құрам қатынасы, (%)
1	80:20
2	70:30
3	60:40
4	50:50

2.7 Скамерлеуші электронды микроскопия

«INCA ENERGY» энергодисперсиялық спектрометрмен жабдықталған «SUPERPROBE 733» электронды микроанализаторда пленкалар түріндегі полимерлі композициялық жүйелер электрондық сканерлеу микроскопиясында (СЭМ) жүргізілді (2.11-сурет). Паста өткізгіш жабысқақ таспаға жағылды, содан кейін контрасты жақсарту үшін кескіндер оны «FINE COAT» кондырғысында алтынның жұқа қабатымен жауып тастады. Түсірілім қайталама электрондар тәртібінде жүргізілді.



2.11-сурет – «SUPERPROBE 733» электронды микроанализаторы

2.8 Жабындардың терминалық касиеттері

Жабындардың терминалық касиеттері «Mettler Toledo TGA/SDTA 851» (Швейцария) аспабында термогравиметриялық талдау (ТГТ) әдісімен зерттелді (2.12-сурет). Термогравиметрия – бақыланатын температуралық өңдеу кезінде зат массасының өзгеруін анықтауға мүмкіндік беретін әдіс. ТГТ 50-ден 800°C-қа дейінгі температура аралығында 5°C/мин қыздыру жылдамдығымен жүргізілді.



2.12-сурет – «TGA/SDTA 851» термогравиметриялық талдау аспабы

2.9 Кеуектілікті анықтау әдістемесі

Материалдың кеуектілігі материалдың көлемін кеуектермен толтыру дәрежесінің көрсеткіші болып табылады.

Кеуектілікті анықтау үшін (П) түрдегі формуласы ұсынылады:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho}\right) \cdot 100, \% \quad (2.24)$$

мұндағы: ρ – шынайы тығыздық (абсолютті тығыз күйдегі көлем бірлігінің массасы);

ρ_m – орташа тығыздық (кеуектермен бірге табиғи күйдегі көлем бірлігіндегі массасы).

Кеуектілікті 2.25 формуласы бойынша анықтауға болады:

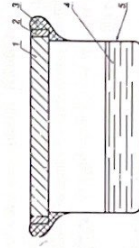
$$P = V_a/V_e = \frac{V_e - V_n}{V_e} = 1 - \frac{V_n}{V_e} \quad (2.25)$$

мұндағы: V_a – абсолютті тығыз арақатынастағы көлем (кеуек кеңістігі жоқ), m^3 ; V_e – табиғи күйдегі көлем (кеуектері бар), m^3 ; V_n – кеуек көлемі, m^3 .

2.10 Бу өткізгіштігін анықтау әдістемесі

Бу өткізгіштігі – материалдың екі жағында бірдей атмосфералық қысым кезінде су буының парциалды қысымының айырмашылығы нәтижесінде материялдың бұды өткізу немесе ұстау қабілеті.

Бу өткізгіштігінің сипаттамалары және оның мәнін мемлекет аралық нормативтік құжат МЕМСТ 33355-2015 «Лак-бояу материалдары. Бу өткізгіштігінің сипаттамаларын анықтау» бойынша дымқыл шыныаяқ әдісімен анықталды [123].



1 – ынақ үлгісі, 2 – ұстау үлгісі (қажет болса), 3 – тығыздағыш, 4 – сұйықтық, 5 – шыны сынақ ыдысы,

2.13-сурет – Сынақ ыдысының үлгісі («Дымқыл шыныаяқ» әдісі)

Дымқыл шыныаяқ әдісі: сынақ жүргізу үшін қалыңдығы 1 мм алюминий шыныаяқ қолданылды. Үлгіні аммоний дигидрофосфатының қаныққан сулы ерітіндісі бар шыныаяқтың жиегіне мықтап бекітілді (2.13-сурет). Бұл жоғары сапалықтырмалы ылғалдылық жағдайында (93%-дан 50%-ға дейін) бу өткізгіштігін

анықтаудың ең ыңғайлы әдісі, сондықтан дымқыл шыныаяқ әдісі бақылау әдісі ретінде қабылданды. Массаның жоғалуы 24 сағаттан кейін анықталды. Өлшеу дәлдігі 1 мг-ға дейінгі таразыны пайдалана отырып, массаның өзгеруі кемінде 5 мг болатындай дәйекті салмақтар арасындағы осындай уақыт аралығы таңдалады.

Бу өткізгіштік (мг/м·сағ·Па) 2.26 формуласы бойынша анықталады:

$$V = 24 \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{G}{A} \quad (2.26)$$

мұндағы: 24 – G өлшемін г/сағаттан г/тәулікке айналдыратын көбейткіш;

$\frac{p}{p_0} - V$ бу өткізгіштігінің стандартты атмосфералық қысымға ауыстыратын көбейткіші;

G – үлгі арқылы су буының ағынының массалық жылдамдығы (үлгі шыныаяқ массасының өзгеруі), г/сағ;

A – сыналатын үлгі ауданы, м².

Сынақтар барысында өлшеу жүргізілетін жердегі атмосфералық қысым (Па) 2.27 формула бойынша есептеледі:

$$p = p_0 - \frac{h}{8,5} \quad (2.27)$$

мұндағы: p_0 – стандартты атмосфералық қысым, Па, $p_0 = 101325$ Па;

h – зертхананың теңіз деңгейінен биіктігі, м.

2.11 Адгезиялық беріктігінің анықтау әдістемесі

Композициялық жылуокшаулағыш жабынның негізге жабысу беріктігі (адгезия) Мемлекетаралық стандарт МЕМСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002) «Лак-бояу материалдары. Адгезияны ажырату әдісімен анықтау» анықталады [124].

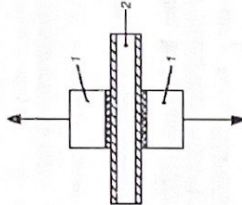
Әдістің мәні жабынның негізден бөлінуіне шекті қарсылықты анықтау болып табылады. Негіз ретінде болат, бетон, ағаш, керамикалық кірпіш үлгілері қолданылды. Дайындалған бетке композициялық жабын қолдану екі қабатты шеттаның көмегімен жүзеге асырылды. Дискілерді жұлу ПСО МГ4 адгезия өлшегішімен жүзеге асырылады (2.14-сурет).



2.14-сурет– ПСО МГ4 адгезия өлшегіші

Аспап максималды мәнді бекіте отырып, қолданылатын жүктеменің ағымдағы мәнін индикациялауды қамтамасыз ететін электрондық күш өлшегішпен жабдықталған. Құрылғыда желімделген болат дискілердің (пластиналардың) өлшемдерін таңдау мүмкіндігі қарастырылған. Құрылғы жүктеме жылдамдығын және ағымдық жүктемені автоматты түрде түсіру күшімен көрсетеді. Бұл жүктеме нәтижелері бойынша ілінісу беріктігін автоматты есептеуді қамтамасыз етеді. Сынақтарды жүргізу үшін жоғарыда аталған нормативтік құжатқа сәйкес диаметр 30 мм дискілер пайдаланылды. Дискілер жабынның бетіне желіммен жабыстырылды, содан кейін пленка дискінің бүкіл периметрі бойынша негізге дейін кесілді. Желімнің қотғиялық қасиеттері мен жабынға адгезиясы боялған бет жабынның адгезиясынан жақсы болуы үшін цианоакрилат желім ретінде таңдалды.

Сыналатын жабын бар үлгіні дайындамалардың желіммен жабылған беттерінің арасына 2.15-суретте көрсетілгендей сыналатын үлгінің орталық осі бойынша тураланатындай етіп орналастырады.



1 – желім жабылған дайындама; 2 – сыналатын үлгі

2.15-сурет – «Қабаттама» сынақ әдісі

Бөліну кезіндегі беріктік 2.28 формуласы бойынша есептеледі:

$$\sigma = F/A \quad (2.28)$$

мұндағы: σ – бөліну кезіндегі беріктік, МПа;

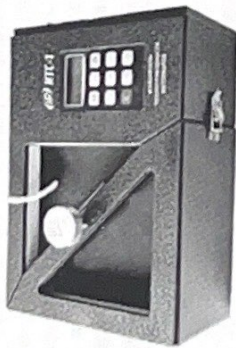
F – үзілу күші, Н;

A – дайындама ауданы, м².

2.12 Жылу өткізгіштік коэффициентінің және жылу кедергісін анықтау әдістемесі

Материалдардың жылу өткізгіштігін анықтау үшін ИТС-1 электронды жылу өткізгіштік өлшегіш қолданылды. Құрылғы мемлекет аралық стандарт МЕМСТ 7076-99 «Құрылыс материалдары мен бұйымдары. Стационарлық жылу

төртбінде жылу өткізгіштік пен жылу кедергісін анықтау әдісі» сәйкес стационарлық жылу ағыны әдісімен құрылыс материалдарының жылу өткізгіштігі мен жылу кедергісін анықтауға арналған [125]. Құрылысның жалпы көрінісі 2.16-суретте көрсетілген.



2.16-сурет– ИТС-1 стационарлық жылу ағыны әдісімен жылу өткізгіштігін өлшеуге арналған құрал

«ИТС-1» жылу өткізгіштікті анықтау аспабының техникалық сипаттамалары:

- жылу өткізгіштігін өлшеу диапазоны – $0,02 \div 1,5 \text{ B/(m}\cdot\text{K)}$;
- жылу кедергісін өлшеу диапазоны – $0,01 \div 1,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/B}$;
- жылу өткізгіштік пен жылу кедергісін өлшеудің рұқсат етілген салыстырмалы қателігінің шектері – $\pm 5\%$;
- өлшеу уақыты – $0,5 \div 2,5$ сағат;
- өлшенетін үлгінің ұсынылған қалыңдығы (паспортқа сәйкес) $10 \div 25$ мм, 5 мм-ге дейін төмендеуі мүмкін;
- көлденең қиманың мөлшері – 150×150 мм.

Құрылысның жұмыс принципі зерттелетін жалпақ үлгі арқылы өтетін стационарлық жылу ағынын құруға негізделген. Осы жылу ағынының шамасы, үлгінің қарама-қарсы беттерінің температурасы және оның қалыңдығы бойынша үлгінің жылу өткізгіштігі λ өлшемі 2.29 формула бойынша есептеледі:

$$\lambda = \frac{d \cdot q}{\Delta T} \quad (2.29)$$

мұндағы: d – үлгінің қалыңдығы;

q – үлгі арқылы өтетін жылу ағынының тығыздығы;

ΔT – үлгінің қарама-қарсы беттері арасындағы температура айырмашылығы.

R – үлгісінің жылу кедергісі 2.30 формула бойынша есептеледі:

$$R = \frac{\Delta T}{q} \quad (2.30)$$

Зерттелетін үлгі тікбұрышты параллелепипед түрінде және оның бет өлшемі 150×150 мм болуы керек. Үлгінің қалыңдығы $10 \div 25$ мм аралығында болуы керек. Жылу өткізгіштікті өлшеу диапазоны $0,02$ -ден $1,5 \text{ B/(m}\cdot\text{K)}$ -ге дейін, қателігі $\pm 5\%$.

Композициялық жылуоқшаулағыш материалдар жұқа қабатты жабындар болғандықтан, қолдану қалыңдығы $2 \div 6$ мм-ге дейін, осы құрылысқа қолдана отырып, олардың жылу өткізгіштігін өлшеу оларды белгілі жылу өткізгіштік коэффициенті бар төсенішке қолдану арқылы ғана мүмкін болады.

Жабынның жылу өткізгіштік коэффициентін анықтау әдістемесі келесідей:

Төсеніш үлгісінің қалыңдығы өлшенеді (h_1). Белгілі қалыңдықтағы төсеніш үлгінің жылу кедергісі өлшенеді (R_1).

Төсенішке жылуоқшаулағыш композициялық жабынның 2 қабаты шеткімен жағылады.

Жабын толығымен кептірілгеннен кейін, қапталған төсеніштің қалыңдығы өлшенеді (h_2). Жабынны бар төсеніштің термиялық кедергісін өлшеу жүргізіледі (R_2).

Қапталмаған және қапталған төсеніштің қалыңдығының айырмашылығы жабынның қалыңдығын 2.31 формуласымен анықтайды (h_k):

$$h_k = h_2 - h_1 \quad (2.31)$$

Көп қабатты құрылысның жылу кедергісі оны құрайтын қабаттардың термиялық кедергісінің қосындысы болғандықтан, жабынның термиялық кедергісі (R_k) 2.32 формула бойынша есептеледі

$$R_k = R_2 - R_1 \quad (2.32)$$

Жабынның жылу өткізгіштік коэффициенті келесідей 2.33 формуламен есептеледі:

$$\lambda_k = \frac{\delta_k}{R_k} \quad (2.33)$$

Бүгінгі таңда СЖОЖ-ның жылуоқшаулағыш қасиеттері жеткілікті зерттелмеген. Әр түрлі авторлар жүргізген мұндай композициялардың жылуоқшаулағыш қасиеттеріне қол жетімді зерттеулер көбінесе өлшеу нәтижелерінде айтарлықтай сәйкессіздіктерді көрсетеді. Құрылыс материалдарының жылу сипаттамаларын дұрыс есептеуге оқшауланған ғимараттардағы жылу шығынының артуына және кейбір жағдайларда инженерлік жабдықтардың істен шығуына әкелуі мүмкін. «Қосалқы қабырға» [126] көмегімен ИТС-1 жылу өткізгіштік коэффициентін, оның ішінде жылу көзіне орналастырылған материалдың екі қабаты бар, біреуі белгілі жылу өткізгіштік коэффициентімен, екіншісі 2.34 теңдеуімен анықталған жылу өткізгіштік коэффициентімен анықтау әдісі белгілі:

$$\lambda_2 = \frac{\delta_2 \lambda_1 \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_1 - t_2}}{\delta_1} \quad (2.34)$$

мұндағы: δ_1 және λ_1 – белгілі жылу беру коэффициенті бар материалдың қалыңдығы мен жылу беру коэффициенті;

t_1 – жылу көзінің температурасы;

t_1 – қабырға қабаттары арасындағы температура;

t_2 – екінші қабаттың беткі температурасы;

δ_2 – жылу беру коэффициенті анықталатын қабаттың қалыңдығы.

Бұл әдісті қабаттардың бірінші жылу өткізгіштігі белгілі болса, сұйық жылуокшаулағыш жабындардың жылу өткізгіштігін анықтау үшін қолдануға болады.

Материалдың екі қабаты және сыртқы беті арасындағы температураны өлшеуге негізделген сұйық жылуокшаулағыш жабындардың жылу өткізгіштік коэффициентін анықтаудың тағы бір әдісі де белгілі [127], оның мәні жылу көзіне орнатылған материалдың екі қабатынан тұратын көп қабатты жазық параллель қабырғаны пайдалану, жылу көзінің температурасын, арасындағы температураны өлшеу болып табылады. λ_0 жылу өткізгіштік (жылу беру) коэффициенті 2.35 теңдеуімен анықталады деп болжанады:

$$\lambda_u = \frac{\delta_u \cdot \lambda}{\delta} \cdot \left(1 - \frac{t_{un}}{t_{ms}}\right) \quad (2.35)$$

мұндағы: δ_u – сұйық жылуокшаулағыш жабынның қалыңдығы;

δ – материал қабаттарының қалыңдығы;

λ – материалдың жылу өткізгіштік коэффициенті;

t_{un} – жоғарғы қабаттың окшауланбаған сыртқы бетінің температурасы;

t_{ms} – жылуокшаулағышы бар материалдың жоғарғы қабаты мен металл пластинаның жанасу бетіндегі температура.

Қысық беттердегі жылуокшаулағыш қабаттағы температураның таралу үлгісі сызықтық емес болғандықтан цилиндрлік үлгілерді қабырға температурасы мен қоршаған орта арасындағы айтарлықтай айырмашылыққа мүмкіндік беретін жылу өткізгіштік коэффициентін анықтау үшін пайдалану ұсынылады. Жылуокшаулағыштың цилиндрлік үлгісінің λ жылу өткізгіштік коэффициенті 2.36 теңдеуіне сәйкес анықталады:

$$\lambda = \frac{q \cdot r_1 \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}}{T_1 - T_2} \quad (2.36)$$

мұндағы: q – жылу ағынының тығыздығы;

r_1 – жылуокшаулағыш қабаттың сыртқы бетінің радиусы;

r_2 – жылуокшаулағыш қабаттың ішкі бетінің радиусы;

T_1 – жылуокшаулағыш қабаттың сыртқы бетінің температурасы;

T_2 – жылуокшаулағыш қабаттың ішкі бетінің температурасы.

Зерттеу жүргізу кезінде зерттеу синаттамаларын сенімді, қайталанатын бағалауға мүмкіндік беретін нормативтік құжаттарды қолданумен сынақ жабдығын қолданған жөн. Жылу өткізгіштік пен жылу кедергісі көбінесе ИТС-1

құралының көмегімен бағаланады, ол осы мәндерді МЕМСТ 7076-99 «Құрылыс материалдары мен бұйымдары. Стационарлық жылу тәртібінде жылу өткізгіштік пен жылу кедергісін анықтау әдісі» мемлекет аралық стандартқа сәйкес стационарлық жылу ағыны әдісімен бағалайды.

Әдістің мәні белгілі бір қалыңдықтағы жалпақ үлгі арқылы және үлгінің соңғы (ең үлкен) беттеріне перпендикуляр стационарлық жылу ағынын жасау, сол жылу ағынының тығыздығын, қарама-қарсы бет температурасын және үлгінің қалыңдығын өлшеу болып табылады.

МЕМСТ 7076-99 сәйкес материалдың тиімді жылу өткізгіштігі λ_{eff} 2.37 теңдеуімен анықталады:

$$\lambda_{eff} = \frac{d}{R} \quad (2.37)$$

мұндағы: d – үлгінің қалыңдығы, мм;

R – жылу кедергісі, $m^2 \cdot K/W$

2.37 теңдеуіне сәйкес жылу кедергісі келесідей есептеледі:

$$R = \frac{\Delta T}{q} \quad (2.38)$$

мұндағы: ΔT – үлгінің қарама-қарсы беттері арасындағы температура айырмашылығы, K;

q – үлгі арқылы өтетін стационарлық жылу ағынының тығыздығы, W/m^2 .

МЕМСТ-та сусымалы материалдың жылу өткізгіштігін өлшеу үшін оны түбі мен қақтағы жұқа парак материалынан жасалған қорапқа салу ұсынылады. Сонымен қатар оның сыналатын үлгінің R_u жылу кедергісі 2.39 теңдеуімен анықталады:

$$R_u = \frac{\Delta T}{q_u} - 2R_L \quad (2.39)$$

мұндағы: q_u – сыналатын үлгі арқылы өтетін стационарлық жылу ағынының тығыздығы, W/m^2 ;

R_L – қораптың түбі мен қақтағы жасалған парак материалының ыстыққа төзімділігі, $m^2 \cdot K/W$.

Сонымен қатар, сыналатын үлгінің λ_{effu} тиімді жылу өткізгіштігі 2.40 теңдеуімен анықталады:

$$\lambda_{effu} = \frac{d_u}{\frac{\Delta T_u}{q_u} - 2R_L} \quad (2.40)$$

мұндағы: d_u – сынақ кезіндегі үлгінің қалыңдығы, м;

ΔT_u – сыналатын үлгінің беттік шекараларының температурасы айырмашылығы, K.

Жоғарыда келтірілген тізімнен осы құрылғыны пайдалану кезінде үлгінің қалыңдығы 5 мм-ден кем болмауы мүмкін екенін көруге болады, сонымен бірге жабындардың жылу өткізгіштік коэффициентін және қалыңдығы азырақ анықтау қажет, бұл осындай зерттеулерді жүргізу әдістемесін әзірлеуді қажет етеді. [128] аталғандай, белгілі бір қалыңдықтағы екі бірдей эталоннан тұратын жалпақ үш қабатты үлгінің жылу өткізгіштігін және олардың арасында орналасқан сұйық жылуоқшаулағыш $\delta_{\text{СЖОЖ}}$ қабаттын анықтауға негізделген әдістемені ұсынады. «ИТС-1» өлшегішінің көмегімен жалпақ үш қабатты үлгі арқылы стационарлық жылу ағынының өтуі кезінде $\lambda_{\text{экв}}$ жылу өткізгіштігінің эквивалентті коэффициенті анықталады. Оның сұйық жылуоқшаулағыш жабын үшін жылу өткізгіштік коэффициенті 2.41 теңдеуімен анықталады:

$$\lambda_{\text{СЖОЖ}} = \frac{\delta_{\text{СЖОЖ}}}{2\delta + \delta_{\text{СЖОЖ}} - 2\frac{\delta}{\lambda_{\text{экв}}}} \quad (2.41)$$

мұндағы: $\lambda_{\text{экв}}$ – үш қабатты үлгінің эквивалентті жылу өткізгіштік коэффициенті; λ – эталонның жылу өткізгіштік коэффициенті; δ – бір эталонның қалыңдығы;

$\delta_{\text{СЖОЖ}}$ – сұйық жылуоқшаулағыш қабаттың қалыңдығы.

Әр түрлі қалыңдықтағы СЖОЖ жылу-физикалық көрсеткіштерін анықтау үшін ұсынылған әдістеме қолданылды. Қабаттар саны мен жабын қалыңдығының жылу өткізгіштік коэффициентіне әсерін анықтау үшін қалыңдығы 150×150 мм және қалыңдығы 3 мм шыныға қалыңдығы шамамен 1 мм жылуоқшаулағыш жабынның 6 қабат дәйекті түрде 24 сағат аралықта кептірумен қолданылды. Әр кезеңде «ИТС-1» аспабының көмегімен эквивалентті көрсеткіштер анықталды. жылу ағынының тығыздығы, жылу кедергісі және үш қабатты үлгілердің жылу өткізгіштік коэффициенті.

2.13 Жылтырлық дәрежесін анықтау әдістемесі

Жабындардың жылтырлығы МЕМСТ 31975-2017 «Лак-бояу материалдары. Лак-бояу жабындардың 20° , 60° , 85° бұрыштарында жылтырлығын анықтау әдісі» талаптарына сәйкес Novo-Gloss сериялы фотоэлектрлік жылтырлық дәрежесін анықтауға арналған аспабы көмегімен анықталды (2.17-сурет) [129].



2.17-сурет– Novo-gloss сериялы фотоэлектрлік жылтырлық дәрежесін өлшегіш

Жылтыр сынақ бетінен және стандартты бетінен шағылысқан жарықтың қарқындылығын салыстыру арқылы анықталады. Өлшеу бұрышы 2.4-кестеге сәйкес өлшенетін беттің түріне байланысты тандалады.

2.4-кесте – Бет түріне байланысты өлшеу бұрышын таңдау	
Өлшеу бұрышы	Бетінің түрі
20°	Жоғары жылтыр бояулар (автомобильдер), пластмассалар, лак және жылтыратылған металл
60°	Бояулар, металл, анодталған эмбейл алюминий, пластмасса және лак
85°	Авиациядағы күнгірт бояулар мен камуфляж, әскери қолдану, жиһат және автомобильдердің ішкі әрлеуі

Әдіс құрылымдық ақаулары жоқ жалпақ беттердегі жылтырлық дәрежесін анықтауға негізделген. Жылтыр өлшегіштің көмегімен жабынның жылтырлығы берілген сыну көрсеткіші бар жалпақ жылтыратылған шыны пластинаның жылтырлығына қатынасы алынады.

Жылтырлығы бойынша беттің санаты МЕМСТ 9.032-74 «Лак-бояу жабындары. Топтар, техникалық талаптар және белгілер» [130] (2.5-кесте) сәйкес анықталады.

2.5-кесте – Жылтырлығы бойынша тегіс монохроматикалық жабындардан жіктелуі

Жабындарға арналған жылтырлық дәрежесі					
жоғары жылтыр	жылтыр, оның ішінде лессерлеу әсері бар	жартылай жылтыр	күнгірт	күнгірт	терең күнгірт
59 жоғары	59-дан 50-ге дейін	49-дан 37-ге дейін	36-дан 20-ға дейін	19-дан 4-ке дейін	3-тен артық емес

Жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеу барысындағы қолданылатын материалдар мен зерттеу әдістемелері қасиеттеріне, қолдану аясына және т.с.с. көрсеткіштеріне қарай өзгешеленуі мүмкін. Аталған қасиеттер зерттеу мақсатына қарай тағайындалады және белгілі бір қажеттіліктерді өтеуге қатысты болады. Осылайша, зерттеудегі қолданылатын бастапқы материалдар мен зерттеу әдістеріне сәйкес сынамаалар жүргізу арқылы зерттеу міндеттерін шешуге болады.

3 ЖҰҚАДИСПЕРСТІ МИНЕРАЛДЫ ТҮЙІРІШКІТІ ЖҮЙЕЛЕР НЕГІЗІНДЕ ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ЖАБЫНДАРДЫ СИНТЕЗДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ТИІМДІЛІГІ

Дәстүрлі жылулан сақтайтын материалдар (талшықты материалдар, көбікті және бүріккіш полимерлер) ылғалдылықтың жоғарылауы, металл негізіннің астыңғы қабатының коррозиясы, жылу, жарық және ылғалдылық әсерінен жабының бұзылуы сияқты бірқатар кемшіліктерге ие.

Жылулан қорғаудың бір жолы – қуыс сфералық толтырғыштар мен полимерлі байланыстырғыштарды қолдана отырып, жаңа жоғары тиімді композициялық материалдарды қолдану. СЖОЖ алу кезінде құрамында полимерлі байланыстырғыштар, қуыс шыны және керамикалық микросфералар және белгілі мақсатта қолданылатын толтырғыштары бар сұйық қосылыстар қолданылады және кебу барысында жоғары жылуоқшаулағыш және алғезиялық қасиеттері бар жабындар түзеді. Көбінесе байланыстырушы ретінде келесі полимерлерге негізделген су дисперсиялары қолданылады: полиакрилат, полибутадиең, полиуретан, поливинилцетат, спиртпен акрилат сополимерлері, бутадиең спирт сополимері, поливинил спирт және олардың қоспалары [131]. Қазіргі уақытта эпоксидті шайыр негізіндегі сұйық жылуоқшаулағыш материал ең қолданбалы болып табылады. Алайда, бұл композициялар бірқатар жағдайларда физика-механикалық және жылулан қорғайтын қасиеттерге ие емес.

Сондықтан, пайдаланылатын жылу энергиясының жоғалуын азайтуға мүмкіндік беретін жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелерді қолдана отырып, жаңа жылуоқшаулағыш жабындарды синтездеу бойынша кешенді зерттеулер езекті мәселе болып табылады.

Тарауда микрокремнезем негізінде алынған эпоксидті композициялардың физика-химиялық, физика-механикалық және табиғи климат әсері зерттеулерінің нәтижелері келтірілген.

3.1 Толтырылған полимерлі байланыстырғыштардың жылу өткізгіштігіне әсер ететін негізгі құрылымдық параметрлері

Толтырылған полимерлі байланыстырғыштардың жылу өткізгіштігіне әсер ететін негізгі құрылымдық параметрлерді анықтау жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеу саласындағы негізгі міндет болып табылады. Бұл материалдардың жылу өткізгіштігі олардың құрылымымен тығыз байланысты, бұл параметрлерді оңтайландыру арқылы жылуоқшаулағыш қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді. Зерттеудің негізгі мақсаты толтырылған полимерлердің жылу өткізгіштігін қалыптастыруда шешуші рөл атқаратын құрылымдық факторларды анықтау және талдау болып табылады. Бұл жылуоқшаулағыш материалдардың

тиімділігін арттыру үшін ғана емес, сонымен қатар өндірістік процестерді оңтайландыруға және энергия шығынын азайтуға қабілетті инновациялық шешімдерді әзірлеу үшін де маңызды.

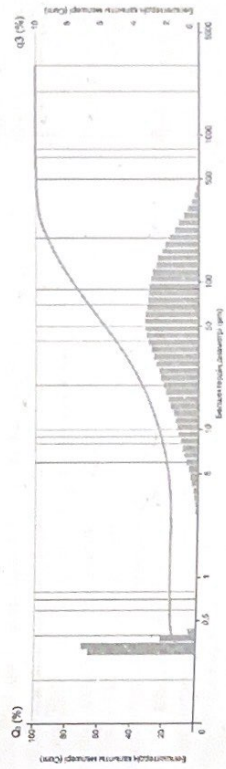
Зерттеудің осы кезеңінде дисперсті микрокремнезем дисперсті бөлшектерінің пішіні, өлшемдері және беті OLYMUSGX-71 инвертелген микроскобымен зерттелді. 3.1-суретте аморфты кремний диоксидінің микрографы көрсетілген.



3.1-сурет – Аморфты кремний диоксид бөлшектері

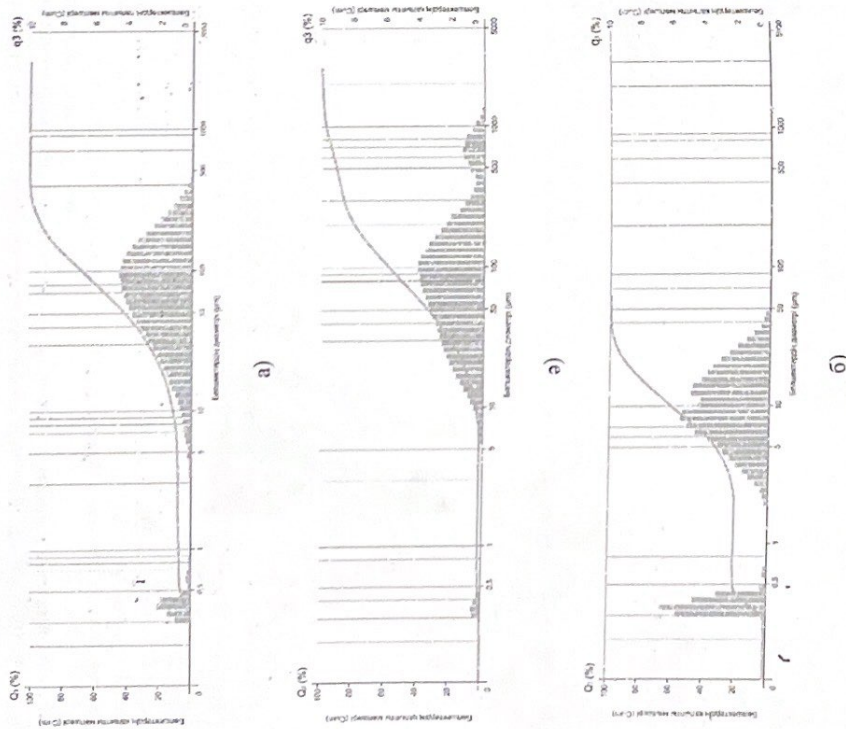
Алынған үлгінің микрографын талдау дисперсті кремнеземдердің бөлшектері кеуекті құрылымға ие бола алатындығын, бөлшектер агрегаттарға (кластерлерге) біріктіріліп, әрі қарай дамыған кеуекті кеңістігі бар үлкен агрегаттар түзетіндігін көрсетті.

Микрокремнезем үлгісінің гранулометриялық құрамы ShimadzuSALD3101 бөлшектерінің өлшем анализаторы арқылы зерттелді. 3.2-суретте алынған микрокремнеземнің гранулометриялық гистограммасы берілген.



3.2-сурет – Өтесай кен орнының диатомиті негізінде алынған дисперсті микрокремнеземнің гранулометриялық гистограммасы

Микрокремнезем бөлшектерін салыстыру үшін микрокремнеземнің басқа белгілі түрлері зерттелді (3.3-сурет): табиғи диатомит (3.3а сурет), ақ күйе (3.3б сурет) және FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы (3.3б сурет).



а) табиғи диатомит; б) ак күйе; в) FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы;

3.3-сурет – Гранулометриялық гистограммалар

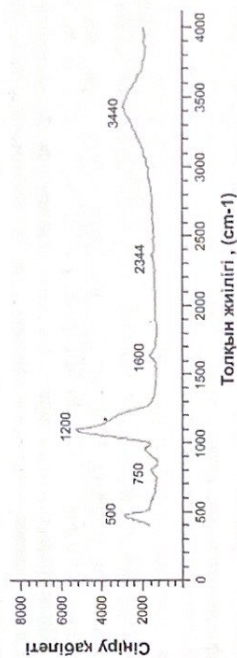
Бөлшектердің өлшем анализаторының көмегімен алынған мәліметтер гранулометриялық құрамы бойынша барлық зерттелген микрокремнеземдер ұқсас және бөлшектерінің өлшемдері екі аралықта өзгертіндігі анықталып, олардың өлшемдеріне қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

- Өтесай диатомитінен алынған аморфты микрокремнезем үшін 0,325-0,451 мкм және 1,690-642,954 мкм;
- табиғи диатомит – 0,291-1,215 мкм және 1,690-642,954 мкм;

- ак күйе – 0,291-0,975 мкм және 1,690-63,792 мкм;
- FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы – 0,291-0,975 мкм және 3,271-1931,947 мкм.

Алынған деректерді салыстыру кезінде 200-500 нм аралығындағы ең ұсақ бөлшектер Өтесай диатомитінен алынған аморфты микрокремнеземде болатыны анықталды.

Өтесай диатомитінен алынған микрокремнезем бетінің құрылымын зерттеу үшін ИҚ спектроскопия әдісі қолданылды. Микрокремнеземдерді сіңіру спектрлері 400-4000 cm^{-1} толқындық сандар диапазонындағы Фурье-спектрометрінде анықталды. Спектрлік ИҚ талдау қисықтары 3.4-суретте көрсетілген.



3.4-сурет – Өтесай диатомитінен алынған микрокремнеземнің инфрақызыл спектрлері

ИҚ спектроскопиясының нәтижелері минералды ұнтақ құрамында кремний диоксиді (аморфты) бар екенін, оның инфрақызыл спектрінде Si-O-Si байланыстарының тербелістеріне сәйкес келетін сызықтар мен сіңіру жолақтары бар екенін көрсетті: 250-1200 cm^{-1} толқындық сандар диапазонында, 500 cm^{-1} және 750-850 cm^{-1} аймақтағы екі кіші максимум және бір маңызды 1096-1104 cm^{-1} аймағында, 1200-4000 cm^{-1} толқындық сандар диапазонында 1600-1640 cm^{-1} , 2344-2368 cm^{-1} екі кіші шыңдар және 3440-3480 cm^{-1} аймағында бір маңызды, және олар ОН гидроксил топтарының тербелістеріне сәйкес келетінін көрсетті. 1600-1640 cm^{-1} диапазонындағы тар жолақ адсорбцияланған су молекулаларының валенттік және деформациялық тербелістеріне сәйкес келеді.

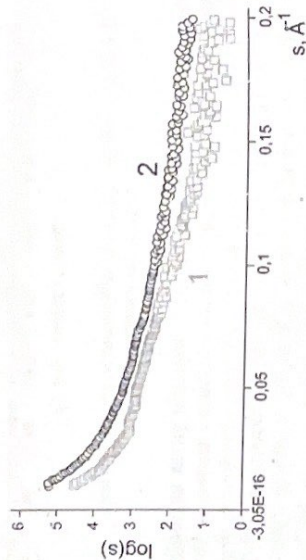
Микрокремнеземнің ИҚ спектрлерін зерттеу негізінде бөлшектердің су молекулаларының адсорбция орны ретінде қызмет ететін дамыған кеуекті беті бар деген қорытынды жасауға болады. Өтесай кен орнының диатомитінен алынған микрокремнеземнің кең кеуектерінде су конденсацияланады, бұл полидисперсті жүйенің тиімді жылу өткізгіштігінің артуына себеп болуы мүмкін.

Осылайша, жұқадиасперсті минералды түйіршіктің кеуекті жүйесінің жылуоқшаулағыш жабын жасауға лайықты екені эксперименталдық түрде анықталып отыр.

Толтырғыш ұнтақтардың құрылымдық сипаттамаларын анықтау және бағалау кіші бұрыштық рентгендік шашырау (КБРШ) әдісімен жүзеге асырылуы

ұсынылды [132]. Микрокремнезёмнің құрылымдық гетерогенділігінің [133] және Өтесай кен орнының табиғи диатомитінен алынған микрокремнезём ұнтағының ерекшеліктері зерттелді.

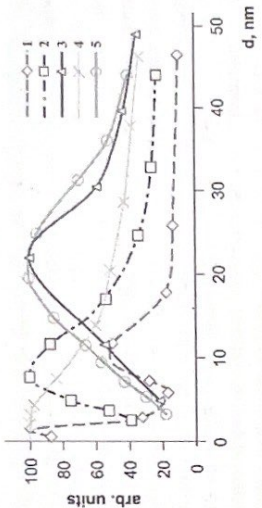
Шашырау координаты ретінде шашырау векторының модулінің шамасы $s = 4\pi \sin \theta / \lambda$ пайдаланылды, мұндағы 2θ – шашырау бұрышы, $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$ – колданылатын сәулеленудің толқын ұзындығы. Шашырау қарқындылығы 0,0094-тен 0,40 $\text{\AA}^{-1}$ -ге дейінгі s мәндерінің диапазонында тіркелді, бұл $L \sim \frac{2\pi}{s}$ сызықтық өлшемдерімен гетерогенділікті 2-60 нм шегінде зерттеуге мүмкіндік берді. $I(s)$ қисықтарының сипаты зерттелген материалдардың құрамында әртүрлі сызықтық өлшемдегі диффузиялық гетерогенділік (кеуектер) бар екенін көрсетеді, ал шашырау қарқындылығының жоғары мәндері кремнезём бөлшектерінің тығыздығы мен кеуектері арасындағы үлкен айырмашылықтан туындаған күрт контрастқа байланысты. 3.5-суретте Өтесай кен орнының табиғи диатомиті мен FRONT-VIP окшаулағыш панелінің толтырғыш ұнтағының эксперименттік КБРШ қисықтары көрсетілген. Басқа үш микрокремнезёмнің шашырау индикаторлары FRONT-VIP қисығына ұқсас.



1 – табиғи диатомит, 2 – FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы,

3.5-сурет – Дисперсті ұнтақтардың кіші бұрыштық рентгендік шашырау қисықтары

Диффузиялық гетерогенділіктің өлшемдері бойынша шамамен тәуелсіз функциялар табу үшін (сфералық пішінді бөлшектер үшін) КБРШ қисықтары $\ln I(s) - s^2$ координаттарына қайта құрылды. Китайгородской әдісін колдана отырып, 3.6-суретте көрсетілген тәуелділіктері алынды. Микрокремнезём дисперсінің өлшемдері бойынша кеуектердің таралу қисықтары айқын максимумдарға ие және табиғи диатомиттің ұқсас функциясы бимодалды болып табылады. 3.1-кестеде үлестіру қисықтарын талдау нәтижелері: d_v үлестіру функцияларының максимумдары; диффузиялық гетерогенділіктің сызықтық өлшемдері шамаларының орташа мәндері $\langle d \rangle$; Δd таралу функцияларының дисперсиялар кестірілген.



1 – табиғи диатомит, 2 – Өтесай кен орны диатомитінен алынған микрокремнезём, 3 – колданылатын микрокремнезём, 4 – ак күйе, 5 – FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы,

3.6-сурет – Дисперсті гетерогенділіктің мөлшері бойынша таралуы

Жалпы, зерттелген дисперсті ұнтақтардың шашыраңқы гетерогенділігінің орташа сызықтық өлшемдері 10-30 нм мәнге ие, бұл халықаралық теориялық және колданылатын химия одағы (ЮПАК) ресми түрде қабылдаған М.М. Дубинин классификациясына негізделген мезопораларға сәйкес келеді. Оларда су молекулаларының капиллярлық конденсациясы жүреді, олар дисперсті ұнтақтарды қыздыру (катайту) арқылы ішінара жойылады [134].

КБРШ индикаторлары $\lg I(s) - \lg s$ қос логарифмдік координаттарына қайта салынды. Осы тәуелділіктерді талдау барлық зерттелетін дисперсті материалдарда наноөлшемді деңгейдегі құрылымдық гетерогенділіктермен шашыраулық фракталдық сипаты бар екенін көрсетті. Осы біртектіліктердің фракталдық өлшемдерін анықтау үшін көрсетілген координаттарда салынған шашырау қисығының сәйкес сызықтық аумағының көбеюін анықтаудан тұратын әдіс қолданылды. Егер нано деңгейдің зерттелетін құрылымдық элементтері, мысалы, кеуектер, кеуек кластерлері, гетерогенділік интерфейстері фракталдық сипатқа ие болса, онда шашырау векторының модуль мәндерінің белгілі бір аралығында $\alpha < 4$ типті бүтін емес көрсеткіш мәні бар $I(s) - s^{-\alpha}$ шашырау индикаторының дәрежелік құлдырауы байқалуы керек. $1 \leq \alpha \leq 3$ кезінде $I(s)$ қисығының төмендеуі $D_s = \alpha$ өлшеммен фракталдық кластерлерден немесе наноөлшемді агрегаттардан (массалық фракталдардан) шашырауға тән. $3 < \alpha < 4$ болған жағдайда фракталдық өлшемді $D_s = 6 - \alpha$ ретінде анықталатын тегіс емес фракталдық беті бар наноөлшемдерден шашырау байқалады. Бұл жағдайда $I(s)$ көрсеткіші $\alpha = \Delta \lg(I(s)) / \Delta \lg s$ ретінде анықталады.

3.1-кесте – Дисперсті микрокремнезёмдердің кеуектерінің мөлшері бойынша таралуы

№	Ұнтақ түрі	d_v , нм	$\langle d \rangle$, нм	Δd , нм
1	Табиғи диатомит	2-10	2-7	7-15
2	Өтесай диатомитінен алынған микрокремнезём	8	12	3-18
3	Колданылатын микрокремнезём	22	26	10-34
4	Ак күйе	2	13	2-21
5	FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы	20	20	8-37

Өтесай кен орнының диатомиті негізінде алынған микрокремнезем КБРШ қисығында шашырау векторының мәндеріне сәйкес келетін үш түзу аймақ бөлінеді: $0,013-0,026 \text{ Å}^{-1}$, $0,031-0,061 \text{ Å}^{-1}$ және $0,067-0,095 \text{ Å}^{-1}$. Бұл аймақтар үшін α параметрі 2,59; 1,56 және 3,73. Гетерогенділіктің өлшемдері сәйкесінше 24-48 нм, 10-20 нм және 7-9 нм. Ең ауқымды диффузиялық нысандар тармақталған өздігінен ұйымдастырылған кеуекті құрылымдарға тән $D=2,59$ фракталдық өлшемі бар массалық фрактадар сияқты әрекет етеді. Индикатордың екінші түзу сызықты бөлігі $d=1,56$ фракталдық өлшемідегі гетерогенділікке сәйкес келеді, олар нано- және микрометрлік масштабтағы сфералық кеуектердің қисық тізбектері түріндегі кластерлер немесе кеуекті арналар болуы мүмкін. Өтесай кен орнының табиғи диатомиті негізіндегі микрокремнезем ұнтағында жаппай фрактадардан басқа, фракталдық интерфейсі бар гетерогенділік байқалады. Мұндай гетерогенділіктің өлшемдері 7-9 нм, ал фракталдық өлшемі $D_s=6-2,27$. Фракталдық өлшемі бұл мәні өте тегіс бетінің $D_s=2,0$, ал келіп-бұдыр кеуекті бетінің $D_s=3,0$ екенін ескерсек, аздап келіп-бұдырлық бетке сәйкес келеді.

Сонымен қатар, табиғи диатомиттен алынған дисперсті микрокремнезем үш түрлі шашырау гетерогенділігінің түрлеріне не екендігі, соның екеуінің өлшемдері 2,32 және 2,13 массалық фрактадар болып табылатыны анықталды.

Мұндай объектілердің масштабы 8-40 нм құрайды. 4-8 нм өлшемідегі шағын кеуектер өлшемі өте қатты кесілген интерфейстерге не ($D_s=2,64$). Басқа дисперсті ұнтақтармен салыстырғанда конденсацияланған кремний рентгендік шашыраудың гетерогенділігі жоқ екендігімен ерекшеленеді, ал бұл оны жаппай фрактадарға жатқызуға болады. SiO_2 бөлшектерінің шекарасы – кеуектерінің өлшемі $D_s = 2,40$ болатын фракталдық өлшемділікке не. Ак күйе өлшемдері 4-25 нм болатын сызықты кеуекті кеңістіктің фракталдық кластерлерін қамтиды. Үлкенірек беті диффузиялық түзілімдер (25-40 нм) шегінен күшті – олардың фракталдық өлшемі $D_s=2,83$. FRONT-VIP ұнтағының $I(s)$ -lgs шашырау қисығы екі қиылыс нүктесіне не: 20-40 нм өлшемді тармақталған кеуекті агрегтар фракталдық өлшемі $D=2,59$, ал 12-20 нм масштабтағы гетерогенділіктер $D_s=2,70$ -пен қатты тегіс емес бетке не.

Барлық зерттелетін материалдардың фракталдық сипаттамалары 3.2-кестеде келтірілген.

Сонымен қатар, кіші бұрыштық рентгендік шашырау деректері толтырғыш ұнтақ құрылымының (4-12 нм) ең кішкентай элементтерінің бетінде төмен электронды тығыздықтағы диффузиялық гетерогенділіктің ($\alpha=4,10$ параметрі) болуы мүмкін екенін көрсетеді.

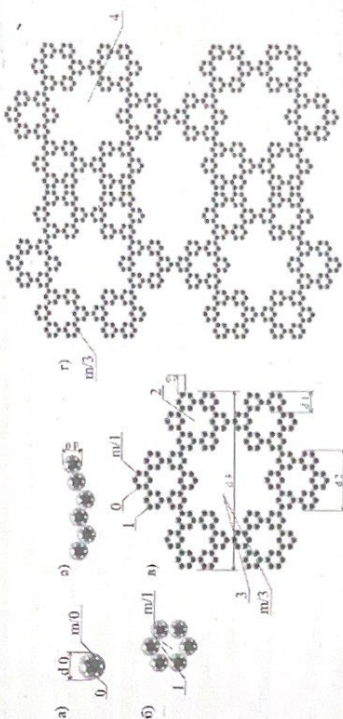
Нәтижелер нанометриялық өлшемдігі дисперсті кремнезем бөлшектері мен алломераттарының дамыған кеуекті кеңістігінің болуын растайды, СЖОЖ сияқты, гетерогенді жүйелердің тиімді жылу өткізгіштігін есептеу үшін пайдаланылуы мүмкіндігін растайды. Дегенмен, конденсацияланған микрокремнезем мен ак күйе алдын ала өңдеуді қажет етпейді, өйткені олардың төмен ылғалдылығы өндіріс жағдайларымен (сусымалы материалды дұрыс сақтау және тасымалдау кезінде) анықталады. Табиғи диатомиттен алынған дисперсті микрокремнезем дисперсиясын 400-ден 500 °C-ге дейінгі температурада 3-5 сағат бойы қыздыру

керек. Дисперсті ұнтақтардың бұл модификациясы олардың терең сусыздануына әкеледі және табиғи диатомитте болатын шөгінді тектес қалдық органикалық материалды жоюды жеңілдетеді.

3.2-кесте – Зерттелетін материалдардың фракталдық сипаттамалары

Материал	$\Delta s, \text{Å}^{-1}$	α	D	D_s	$d, \text{нм}$
Табиғи диатомит	0,013-0,026	2,59	2,59	2,27	24-48
	0,031-0,061	1,56	1,56		10-20
	0,067-0,095	3,73			7-9
Өтесай диатомитінен алынған микрокремнезем	0,016-0,025	2,32	2,32	2,64	25-40
	0,025-0,080	2,13	2,13		8-25
	0,080-0,160	3,36			4-8
Конденсацияланған микрокремнезем	0,016-0,160	3,60	2,60	2,40	4-40
Ак күйе	0,016-0,025	3,17	2,66	2,83	25-40
FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы	0,025-0,160	2,66			4-25
	0,016-0,032	2,59	2,59	2,70	20-40
	0,032-0,056	3,30			12-20
	0,056-0,160	4,10			4-12

Фракталдық жылу беру моделін анықтау эксперименттік деректерді ескере отырып, оны фракталдық модель (ССА моделі) байланысты кластер ретінде ұсынуға болады [135]. 3.7-суретте дисперсті микрокремнезем құрылымының фракталдық моделі көрсетілген.



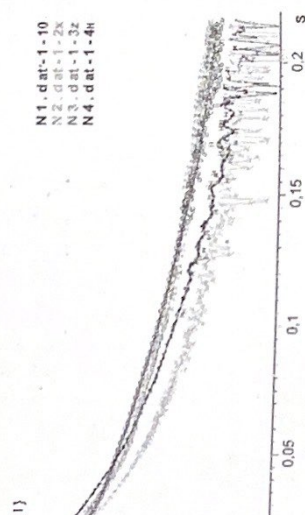
а – бастапқы бөлшек; б – фибриллярлық (тізбекті) кластер; в – байланысты кластер (ССА); г – ССА кластерлерінен макроқұрылымның кеңістіктік қанқасы

3.7-сурет – Дисперсті микрокремнезем құрылымының фракталдық моделі

Фракталдық кластер оған бір бөлшектің дәйекті түрде жабысуы нәтижесінде пайда болады, және олардың әрқайсысы кеңістікте диффузиялық қозғалыс жасайды. Кластер өскен сайын оның сфералық симметриясының бұзылуы

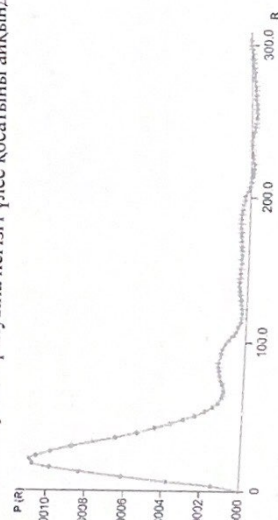
азатыны эксперименталды түрде анықталды. Бұл жағдайда сфералық кластердегі бөлшектердің орташа координациялық саны жабысу ықтималдығы кезінде $P=1$ болған жағдайда $K=2,2$ тең және егер $P=0,2$ болса, онда $K=2,514$ тең.

Кеуекті дисперсті жүйелердің фракталдық касиеттерін зерттеу зерттелетін объектілерге бағытталған рентгендік және нейтрондық сәулеленудің шашырауын талдауға негізделген. Дифрактометрдің көмегімен диатомиттен синтезделген аморфты кремний диоксиді үшін $J(S)$ шашырау қарқындылығының S шашырау векторының модуліне тәуелділігінің эксперименттік деректері алынды (3.8-сурет).



3.8-сурет – Диатомиттен синтезделген аморфты кремний диоксиді үшін S шашырау векторының модулімен $J(S)$ шашырау қарқындылығы

Алынған эксперименттік кіші бұрыштық шашырау қисықтарының сипаты $J(S)$ синтезделген микрокремнеземде салыстырмалы түрде біртекті шашырау кластерлерінің екі жүйесінің болуын көрсетеді. Біріншісі $d=40,6$ нм кластерлермен, ал екіншісі $d=7,5-14,9$ нм өлшемде ұсынылған. 3.9-суретте синтезделген кремний диоксидінің шашырауы бөлшектерінің өлшемдері бойынша таралу қисығы келтірілген, оның талдауынан $d=4-8$ нм өлшемі бар шағын масштабты фракталдық түзілімдер сәулеленудің таралуына негізгі үлес қосатыны айқындалған.



3.9-сурет – Синтезделген кремнеземнің шашырауы бөлшектерінің (Δ ангстремдарда) R өлшемдері бойынша таралуы

Аморфты микрокремнезем кеуекті жүйелерінің фракталдық касиеттері 3.3-кестеде келтірілген.

№	Үлгі	Параметрі	$\Delta S, \text{\AA}^{-1}$	α	D	D_s	d, нм
1	Аморфты микрокремнезем		0,0159-0,0251 0,0251-0,0794 0,0794-0,1585	2,32 2,13 3,36	2,32	2,64	40-25 25-8 8-4
2	Конденсацияланған микрокремнезем		0,0159-0,1585	3,60	2,13	2,40	40-4
3	Ак күйе		0,0159-0,0251 0,0251-0,1585	3,17 2,66	2,66	2,83	40-25 25-4
4	FRONT-VIP		0,0159-0,0316 0,0316-0,0562 0,0562-0,1585	2,59 3,30 4,10	2,59	2,70	40-20 20-12 12-4

Демек, аморфты микрокремнезем дисперсті ұнтақ құрамында әртүрлі фракталдық өлшемдегі наноөлшемді дисперсті заттардың үш түрі бар.

Кластерлердің орташа тығыздығын есептеу нәтижелері анықталып, есептеу барысында екі жағдай қарастырылды: 1 – бастапқы бөлшектің өлшемі $r_0=1$; 2 жағдайда – $r_0=2$. Бөлшектің тығыздығы $\rho_0=2,2 \text{ г/см}^3$, фракталдық өлшемі $D=2,5$. Тығыздық пен кеуектіліктің есептік мәндері 3.4-кестеде келтірілген.

3.4-кесте – Диатомиттен синтезделген микрокремнезем кластерлерінің тығыздығы мен кеуектілігі

l	0	1	2	3	4	5	6
r_l , нм	1,0	5,0	10,0	40,0	100,0	300,0	1200,0
$r_0(1)/r_l$	1,0	0,2	0,1	0,025	0,01	0,003	0,00083
$\rho_l(r_l)$, г/см ³	2,2	0,97	0,7	0,35	0,22	0,132	0,066
$\Pi_1(r_l)$, %	0	56	68	84	90	94	97
$r_0(2)/r_l$	1	0,4	0,2	0,05	0,02	0,006	0,00166
$\rho_l(r_l)$, г/см ³	2,2	1,39	0,98	0,49	0,311	0,18	0,089
$\Pi_2(r_l)$, %	0	37	56	78	86	92	96
R_{max} , нм	4	9,98	20,2	80,6	201	595	2440

Егер кластер бетінің құрылымы бір-бірімен тығыз байланысты ұсақ бөлшектерден түзілсе, онда бұл жағдайда соққылар санының өсуіне байланысты орналасу коэффициентінің артуы мүмкін. Мұндай беттердің фракталдық өлшемі шамамен 2,2 және ол бастапқы кластерлерге тән. Кластер өскен сайын оның беті гетерогенді болады, бөлшектер арасындағы байланыс күштері әлсірейді, сондықтан газ молекуласы кластер бетіне соқтығысқан кезде демпферлік көрініс пайда болуы мүмкін. Соның нәтижесінде молекуланың энергиясы ішінара ыдырау энергиясына ауысады. Демпферлік бетінің фракталдық өлшемі 2,5-ке жақын мәнге ие болады. Кластер бетінің кедір-бұдырлығын, ақауын құрылымның қалыпташу жағдайларын өзгерту арқылы реттеуге болады.

Сонымен қатар, рентген сәулелерінің кіші бұрыштық шашырау деректері бетінде толтырғыш құрылымының ең кішкентай ұнтақ (4-12 нм) элементтері бар қабаттары болуы мүмкін диффузиялық гетерогенділік кремний диоксидіне қарағанда тығыздықтың төменгі электронымен (параметр $\alpha=4,10$) сипатталатындығын көрсетті.

Алынған нәтижелер нанометрлік дисперсті кремний диоксиді бөлшектері мен алломертардың дамыған кеуекті кеңістігінің болуын растайды. Тімді жылу өткізгіштік гетерогенді жүйелерін есептеу үшін әр түрлі қолмен шыққан минералды кремний диоксиді ұнтақтарын қолдануға болатыны анықталды. Нанометрлік жүйе деңгейінде зерттелген әр түрлі материалдар ұқсас кеуек параметрлеріне ие екендігі анықталды.

3.2 Эпоксидті шайырды пластификатормен модификациялау

Полимерлі материалдар саласындағы ғылыми зерттеулер полимерлердің қасиеттері мен олардың экспозиция жағдайындағы төзімділігі негізінен қолданылатын катаятқыш жүйесінің түріне байланысты екенін айтады. Бұл факт қолайлы полимерлерді таңдауды ғана емес, сонымен қатар полимерлі материалдардың климаттық тұрақтылығын зерттеу мен бағалауды да өзекті етеді.

Эпоксидті шайырлар мен катаятқыштарды қоса, катаятқыш жүйесі толмерлердің беріктігі, қоршаған ортаға төзімділігі, термиялық тұрақтылығы және басқа да қасиеттері сияқты көптеген сипаттамаларын қалыптастыруда шешуші рөл атқарады. Климатқа төзімділікті бағалау нақты жұмыс жағдайлары үшін шайырлар мен катаятқыштардың ең тиімді комбинацияларын анықтауға мүмкіндік береді.

3.5-кесте – Зерттелетін эпоксидті полимерлердің құрамдары

Құрам нөмірі	Эпоксидті шайыр маркасы	Катаятқыш маркасы	Шайыр катаятқыш қатынасы
1	ЭД-20	Этал-1440Н	100:56
2		Этал-1460	100:39
3		Этал-45М	100:50
4		ПЭПА	100:10
5	Этал-247	Этал-1440Н	100:53,2
6		Этал-1460	100:37
7		Этал-45М	100:47,5
8		ПЭПА	100:9,5

Эпоксидті байланыстырғыштардың беріктік қасиетін жоғарылату мақсатында модификациялаудың химиялық әдісі катаятқыш процесіне қатысатын және полимерлі тордың құрылымына енетін пластификаторларды құрамына енгізу арқылы жүзеге асырылады. Эпоксидті шайырлардың химиялық модификаторларының ең перспективті тобы ретінде қатан айкаспалы полимер матрицасына белгілі бір икемділік беретін, температураның күрт өзгеруі кезінде беріктіктің ауытқуын, сокқы беріктігін, жабындардың икемділігін және катаятқыш процесінде

ішкі кернеулердің төмендеуіне байланысты қабыршақтануға қарсы беріктігін төмендететін пластификаторларды қарастырған жөн. Эпоксидті байланыстырғыштың модификациясы ЭД-20, Этал-247 эпоксидті шайырының бір бөлігін дибутилфталат (ДБФ) пластификаторын араластыру арқылы жүзеге асырылды. Сонымен қатар, сынақ жүргізу үшін зерттеулерге сүйене отырып, 3.5-кестеде көрсетілгендей шайыр құрамына әртүрлі қатынаста таңдалынған катаятқыштар енгізілді.

Берілген қатынастарда технологиялық талаптарға сәйкес дайындалған үлгілер зерттеу жүргізуге тағайындалды. Аталған 4 түрлі катаятқыш және 2 түрлі эпоксидті шайыр негізіндегі барлығы 8 үлгіні тәжірибелік сынақтар жүргізу үшін кезеңдерге бөлу арқылы жүзеге асырылды.

Шайырды зерттеудің бірінші кезеңінде эпоксидті композициялардың технологиялық көрсеткіштері ретінде өміршеңдігін зерттеуге арналды және 3.6-кестеде ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырларының әртүрлі катаятқыш түрлерімен байланыстарының өміршеңдік көрсеткіштері келтірілген.

3.6-кесте – Эпоксидті шайырлардың зерттелетін құрамдарының технологиялық көрсеткіштері

Құрам нөмірі	Эпоксидті шайыр маркасы	Катаятқыш маркасы	Өміршеңдігі, мин	Тұтқырлығы, Па·с
1	ЭД-20	Этал-1440Н	112	1,89
2		Этал-1460	20	5,63
3		Этал-45М	75	3,31
4		ПЭПА	34	2,74
5	Этал-247	Этал-1440Н	128	0,96
6		Этал-1460	25	1,21
7		Этал-45М	82	1,28
8		ПЭПА	23	1,01

3.5-кестеде келтірілген композициялар негізінде алынған эпоксидті полимерлерді механикалық сынау нәтижелері шайыр мен катаятқыштың түріне байланысты физикалық-механикалық қасиеттердің айтарлықтай өзгеруін көрсетеді. Берілген құрам қатынастар негізінде дайындалған үлгілердің созылу беріктігі 3.7-кестеде келтірілген.

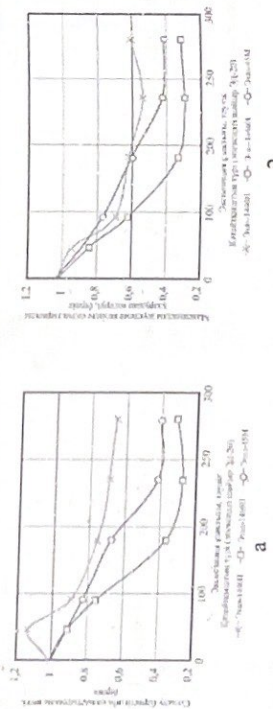
3.7-кесте – Эпоксидті шайырлардың зерттелетін құрамдарының созылу беріктіктерінің шегі

Құрам нөмірі	Эпоксидті шайыр маркасы	Катаятқыш маркасы	Зерттелетін сипаттама Созылу беріктігінің шегі, МПа
1	ЭД-20	Этал-1440Н	48,91
2		Этал-1460	28,12
3		Этал-45М	29,89
4		ПЭПА	31,56
5	Этал-247	Этал-1440Н	43,92
6		Этал-1460	32,21
7		Этал-45М	29,88
8		ПЭПА	33,14

Жүргізілген зерттеулердің жиынтығы технологиялық және физика-механикалық көрсеткіштер кешені бойынша ең перспективті болып, шайырдың екі түрі де (ЭД-20, Этал-247) қатайтқыш Этал-1440Н-мен қатайтылған кезде бөлім температурасындағы өміршеңдігі 112, 128 минут сәйкесінше көрсеткіштерді көрсетті, яғни Этал-1440Н қатайтқышпен араластырылған композициялар басқа қатайтқыштармен салыстырғанда тұтқырлығы төмен және шайырдың жабын материалды алу ретінде таңдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, Этал-247+Этал-1440Н созылу беріктігінің шегі – 43,92 МПа көрсетті. Ал ЭД-20+Этал-1440Н композицияның созылу беріктігінің шегі – 48,91 МПа көрсетті.

Жүргізілген сынақтардың нәтижелері бойынша ЭД-20 эпоксидті шайыр негізіндегі полимерлер үшін тиісінше Этал-1460 және Этал-45М амин қатайтқыштарымен қатайтылатын қасиеттердің 180 және 270 тәулік ішінде ең үлкен, іс жүзінде монотонды төмендеуі байқалғаны анықталды (3.10, а-сурет). Табиғи экспозицияның 10 айынан кейін Этал-45М қатайтылған құрамы үшін беріктік көрсеткіштерінің төмендеуі 60%-ға, Этал-1460 үшін 69%-ға жетті. Қоңыржай континенттік климат жағдайында 10 айлық климаттық әсерден кейінгі қасиеттердің ең үлкен тұрақтылығы Этал-1440Н қатайтқышымен қатайтылған полимер үшін бекітілген. Созылу кезінде беріктік шегінің төмендеуі бұл жағдайда 34%-дан аспайды. Бұл құрамды 45 тәулік ішінде экспозициялау беріктік көрсеткіштерінің 13%-ға өсуіне әкелді.

Этал-1460 қатайтқышы негізіндегі полимерлердің табиғи экспозициясы деформациялық сипаттамалардың айтарлықтай төмендеуімен қатар жүреді, бұл ең алдымен композициялардың сығыштығымен байланысты (3.10, ә-сурет).

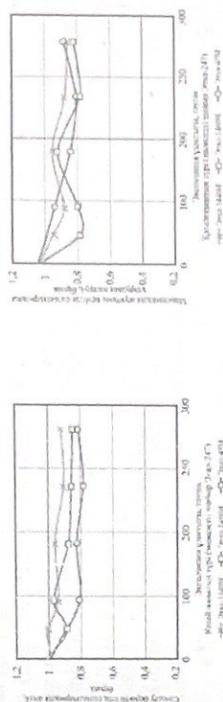


а – ЭД-20 созылу кезінде беріктігі, ә – салыстырмалы ұзару шегінің өзгеруі, 3.10-сурет – Табиғи экспозиция ұзақтығына байланысты ЭД-20 шайырына қатайтқыштар әсері

3.10-сурет – Табиғи экспозиция ұзақтығына байланысты ЭД-20 шайырына қатайтқыштар әсері

Табиғи сынақтардың нәтижелеріне сәйкес, Этал-1440Н қатайтқышы негізіндегі композициялар ең үлкен климаттық төзімділікке ие (3.11, а-сурет). 10 айлық зерттеу экспозициядан кейін созылу кезінде беріктік шегінің барынша төмендеуі Этал-45М қатайтылған құрам үшін 20%-дан аспайды.

Этал-1440Н және Этал-1460 қатайтылған полимерлер үшін 300 тәулік сынақтан кейін созылу кезіндегі қалдық беріктігі тиісінше бақылау көрсеткіштерінің 98 және 84%-ын құрайды. Этал-247+Этал-1440Н климаттық факторлардың құрамына әсер ету зерттелетін уақыт аралығында қасиеттердің өзгеруіне әкелмейді. Этал-1440Н қатайтқыш негізіндегі полимерлер басқа зерттелетін полимерлермен салыстырғанда деформациялық сипаттамалардың ең үлкен тұрақтылығымен сипатталады (3.11, ә-сурет).



а – ЭД-20 созылу кезінде беріктігі, ә – салыстырмалы ұзару шегінің өзгеруі, 3.11-сурет – Табиғи экспозиция ұзақтығына байланысты Этал-247 шайырына қатайтқыштар әсері

3.11-сурет – Табиғи экспозиция ұзақтығына байланысты Этал-247 шайырына қатайтқыштар әсері

Полимерлердің салыстырмалы ұзаруының ең үлкен төмендеуі келесі уақыт аралығындағы көрсеткіштердің тұрақтануымен 180-270 тәулікке дейін байқалады. Тиісінше қатайтылған полимерлер үшін Этал-1460 және Этал-45М, максимумды жүктеме кезінде салыстырмалы ұзару 7,7 және 3,6 есе азаяды. Этал-1440Н аминді қатайтқышпен қатайтылған үлгілер үшін созылу кезінде деформацияның максимумды төмендеуі 2,4 еседен аспайды.

Климатқа төзімділікті одан әрі зерттеу үшін №1 және №5 құрамдар таңдалды, болжам бойынша, оларды құрылыс бұйымдары мен конструкцияларының оқшаулағыш және сәндік жабындары ретінде пайдалану кезінде ең үлкен потенциалға ие екендігі анықталды.

3.3 Эпоксидті шайыр композицияларының табиғи климаттық факторлар әсеріне түс беріктігі

Серпінділік-беріктік қасиеттерімен қатар полимерлі жабындарды таңдаудағы маңызды рөлде сәндік және түсін жоғалтпау қасиеттері орын алады. Қазіргі таңда түс ерекшеліктерін анықтаудың үш негізгі тәсілі бар [136]:

- 1) көзбен визуалды анықтау және оған қатысты сипаттама беру;
- 2) бақыланатын (Эталон) үлгімен салыстыру;
- 3) сандық өлшеу және сандық мәндермен сипаттау.

МЕМСТ 29319-98 «Лак-бояу материалдары. Түсті визуалды салыстыру әдісі» нормативтік құжатында сынақ жүргізуге қойылатын талаптар тізімі және сынақтарды визуалды салыстыру үшін тест сынақтар түрлері, сонымен бірге сынақты жүргізу барысында жарықтандыру мен қарау кезіндегі шарттар қосымша

қиындықтар туындайды және аталған тәсілді толыққанды қолдануға мүмкіндіктерді шектейді. Ал үлгі (этalon) негізінде салыстыру арқылы картогека жасалып, әр боялған жабындар салыстырмалы түрде түс өзгеруіне сыналады [137].

Аталған екі тәсілдің белгілі бір шарттары мен түс ерекшеліктерінің суб-ективті айқындалуын ескере отырып, жаңа компьютер технологиялар мен сандық мәндермен анықталған жөн. Ұсынылған тәсілдердің негізінде түс функциясы ретінде көрсетілген бетті сканерлеу кезінде материал құрылымының растылық бейнесін алу мүмкіндігі жатыр. Сканерлеудің түрлі-түсті нұсқасында белгілі бір түсті модельді қолдану арқылы оның құрамдас бөліктеріне негізделген түсті ресми сипаттау әлісін қолдана отырып, әр түсті белгілі бір жиіліктің компоненттері мен спектрлеріне бөлуге болады, олардың талдауы бояудың сәндік сипаттамалары туралы объективті мәліметтер алуға мүмкіндік береді. Түрлі түсті модельдерге қарамастан, құрылыста қолданылатын окшаулағыш және сәндік жабындардың түсін сипаттау үшін *СМУКН* субтрактивті модельді қолдану ұсынылады [138].

Климаттық әсерге төзімділігі жоғары окшаулағыш-сәндік жабындарға арналған құрамды тандау кезінде әр компоненттің жабын қасиеттеріне әсерін анықтау мақсатында алдын ала (тестілік) сынақтар жүргізілді.

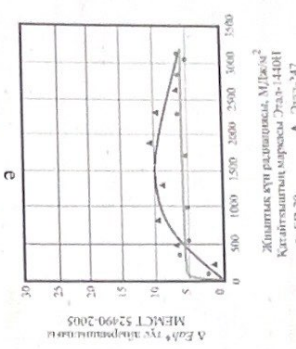
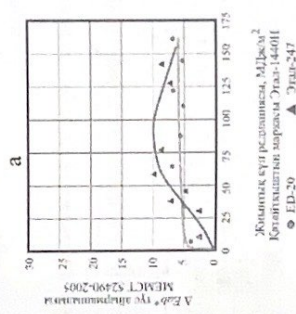
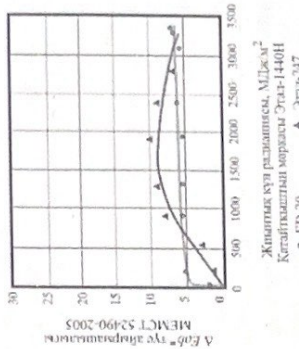
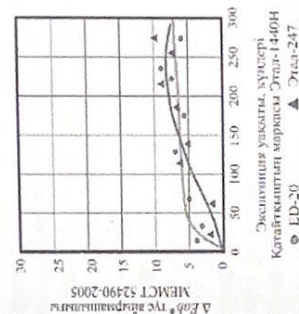
Материалдардың климат факторларының әсеріне төзімділігін бағалау кезінде белгілі бір қиындықтардың пайда болуына, яғни үлгілерді табиғи экспозициялау кезінде эксперименттік зерттеулердің жоғары ұзақтығы, төмен дәлдік, сондай-ақ зертханалық жағдайда үлгілерді жасанды климаттық сынау кезінде пайда болатын барлық синергетикалық әсерлерді көбейту мүмкін еместігіне байланысты алынған нәтижелерді қолдану аясының шектелуіне әкеледі. Қосымша қиындықтар зерттелетін материалдарды болашақта пайдаланудың климаттық аймақтарының әрқайсысы үшін осындай сынақтарды жүргізу қажеттілігіне байланысты туындайды.

Тұжырымдалған мәселені шешудің мүмкін жолын қоршаған орта факторларының сандық мәндеріне байланысты материалдардың қасиеттерін өзгертудің математикалық модельдерін жасау деп санауға болады. Бұл зерттелетін материалдардың қасиеттерінің өзгеруін «нақты уақытта» бағалауға мүмкіндік береді, өйткені өнімнің немесе құрылымының қалдық ресурсының мәнін есептеу үшін оларды пайдалану кезінде тікелей алынған мәндер қолданылады.

Өз кезегінде ауа-райы әсерінің жоғары кешенділігін климат ерекшеліктері негізінде бөлінетін маусымдардың уақыт шеңберінде материалдардың қасиеттерінің өзгеруін зерттеу арқылы жетуге болады.

Алынған деректерді талдаудан пайдаланылған шайырлардың 2 түрі үшін толық түс айырмашылығы ΔE_{ab}^* анықталды (3.12-сурет) және түс реңіндегі айырмашылық ΔH_{ab}^* (3.13-сурет) Этал-247 эпоксидті шайыр негізіндегі полимер үшін 210–240 күндік максималды мәндерге жеткеннен кейін түс айырмашылықтарының күрт төмендеуі байқалады (3.12, 3.14-суреттер). Шілде айына сәйкес келетін бұл уақыт аралығы актинометриялық параметрлердің максималды мәндерімен, сондай-ақ зерттелетін үлгілердің бетінің ең жоғары қызуымен сипатталады [139].

Эд-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделген Этал-1440Н қаттықшымен қатталған кездегі табиғи-климаттық зерттеу барысында полимердің ΔE_{ab}^* түс айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жиынтық күн радиациясына, А диапозонының және В диапозонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.12-суретте келтірілген.



6

а – экспозиция ұзақтығы, б – жиынтық күн радиациясы; в – А диапозонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуі, г – В диапозонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуі,

3.12-сурет – Эд-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделген полимерлердің ΔE_{ab}^* түс айырмашылығының климаттық факторларға әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі

Зерттеу нәтижелері бойынша жалпы түс айырмасы үшін коэффициенттерінің сандық мәндері ΔE_{ab}^* экспозиция басталғаннан ЭД-20 шайыры үшін баптақы өзгерістер 45 тәулікте, ал 45+300 тәулік барысында 0,5–0,8 шамасында ғана өзгеріс қалпын көрсетті. Алайда Этал-247 шайыры 78+99 тәулік арасында біркелкі қарқындылықты көрсетіп, кейін 100 тәуліктен соң күрт қасиеттерінің төмендеуін көрсетті. Сәйкесінше ЭД-20 үшін жиынтық күн радиациясының

750–3020 арасында тұрақтылық көрсетсе, Этал-247 осы аралықта бұзылу процесіне ұшырады. А және В диапазонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуіне байланысты ең жоғары өзгерістерді Этал-247 А диапазонында 27+152 аралығында және В диапазонында 500+3150 аралығында көрсетті. ЭД-20 бұл аралықтарда тұрақтылықтың 0,5%-ын көрсетті.

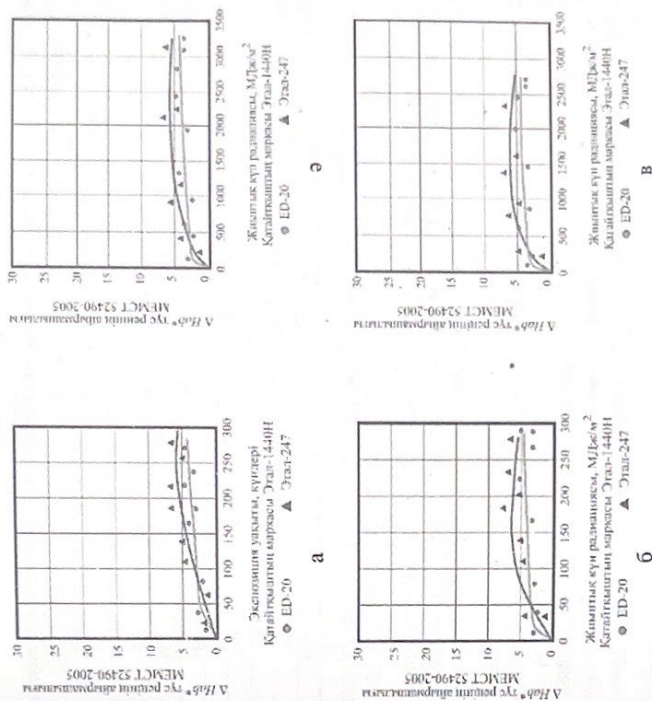
Жалпы түс айырмасы үшін (2.17) теңдеу коэффициенттерінің сандық мәндері ΔE_{ab}^* және түс реңінің айырмасы ΔH_{ab}^* сәйкесінше 3,8, 3,9-кестелерде келтірілген. 0,72-ден 0,98-ге дейінгі диапазондағы жалпы түс айырмашылығы үшін өзгеретінін анықтау коэффициенттерінің мәндері алынған модельдердің жеткілікті жоғары сенімділігін көрсетеді. Уақыты және актинометриялық параметрлеріне (Q , U_A and U_B) байланысты ΔH_{ab}^* үшін R^2 мәні декоративті көрсеткіштердің ең аз өзгерісі ЭД-20+Этал-1440Н композициясы үшін 0,79–0,96 диапазонында ғана өзгереді. ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырларының Этал-1440Н катаятқышымен қатайтылған кездегі табиғи-климаттық зерттеу барысында экспозиция уақытының әсерін, жалпы күн радиациясының қарқындылығы, А және В диапазонының ультракүлгін сәулеленуінің табиғи сәулеленген ЭШ ΔE_{ab}^* түс айырмашылығы әсерін спектрофотометр көмегімен сипаттайтын 2 бөлімде келтірілген теңдеу мәндеріне қою арқылы теңдеу коэффициенттерінің мәндерінің өзгерісі 3,8-кестеде келтірілген.

3,8-кесте – ЭШ ΔE_{ab}^* түс айырмашылығы әсерін (спектрофотометр) сипаттайтын теңдеу коэффициенттерінің мәндері

Қатайтылған түрі	Қарастырылатын фактор	Теңдеу коэффициенттерінің мәндері (2.17)				
		α_k	β_k	γ_k	R^2	6
Этал – 1440Н	ЭД-20 эпоксидті шайыры					
	Т, тәулiк	8,22x10 ⁻¹	1,99 x10 ⁻¹	37954	0,947	
	Q, МДж/м ²	1,16	9,80 x10 ⁻²	31989	0,932	
	U _A , МДж/м ²	1,56	9,60 x10 ⁻²	7914	0,932	
Этал – 1440Н	Этал-247 эпоксидті шайыры					
	U _B , кДж/м ²	1,82	3,90 x10 ⁻²	56088	0,904	
	Т, тәулiк	6,00 x10 ⁻⁴	2,12	242	0,844	
	Q, МДж/м ²	5,00x10 ⁻⁴	1,52	1758	0,955	
	U _A , МДж/м ²	2,50 x10 ⁻³	2,37	89,3	0,973	
	U _B , кДж/м ²	3,60 x10 ⁻³	1,29	1240	0,972	

Қарастырып отырған ΔE_{ab}^* толық түс айырмашылығынан бөлек ΔH_{ab}^* түс реңінің айырмашылығын сипаттайтын мәндерді де зерттеген жөн. Түс беріктігінің сипаттамасы осы екі шамаға тәуелді болғандықтан екі жағдай да жұмыста қарастырылады.

ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделіп Этал-1440Н катаятқышымен қатайтылған полимерлердің ΔH_{ab}^* түс реңінің айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жиынтық күн радиациясына, А диапазонының және В диапазонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.13-суретте келтірілген.



а – экспозиция ұзақтығы, б – жиынтық күн радиациясы; в – А диапазонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуі, г – В диапазонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуі

3.13-сурет – ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделген полимерлердің ΔH_{ab}^* түс реңінің айырмашылығының климаттық факторларға әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі

Түс реңін зерттеу нәтижелері уақыты және актинометриялық параметрлеріне (Q , U_A and U_B) байланысты ΔH_{ab}^* үшін R^2 мәні декоративті көрсеткіштердің ең аз өзгерісі ЭД-20+Этал-1440Н композициясы үшін 0,34–0,49 диапазонында ғана өзгереді. Этал-247+Этал-1440Н бастапқы нүктелен бастап қарқынды өзгеріске ұшырағанмен бірге 0,79–0,96 диапазонында тұрақсыздық көрсетті.

Экспозиция уақытының әсерін, жалпы күн радиациясының қарқындылығы, А және В диапазонының ультракүлгін сәулеленуінің табиғи сәулеленген ЭШ ΔH_{ab}^* түс реңінің айырмашылығына әсерін спектрофотометр көмегімен сипаттайтын 2 бөлімде келтірілген теңдеу мәндеріне қою арқылы теңдеу коэффициенттерінің мәндерінің өзгерісі 3,9-кестеде келтірілген.

3.9-кесте – ЭШ ΔH_{ab} түс ретинин айырмашылыгына эсерин (спектрофотометр) сипаттайтын тендеу коэффициенттеринин мәндери

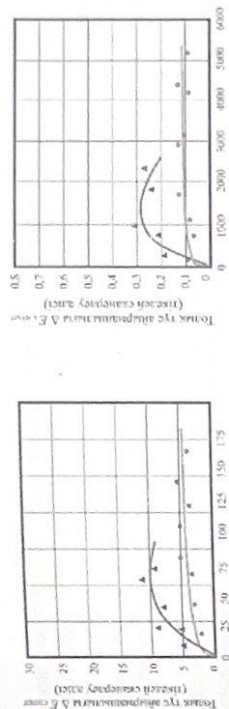
Катайтыш түрі	Қарастырылатын фактор	Тендеу коэффициенттерінің мәндері (2.18)					
		α_3	β_4	γ_5	δ_6	R^2	
1	2	3	4	5	6		
ЭД-20 эпоксидті шайыр							
Этал – 1440Н	Т, тәулік	$1,92 \times 10^{-1}$	$3,14 \times 10^{-1}$	38292		0,802	
	Q, МДж/м ²	$3,03 \times 10^{-1}$	$1,67 \times 10^{-1}$	65902		0,807	
	U _A , МДж/м ²	$4,98 \times 10^{-1}$	$1,66 \times 10^{-1}$	11801		0,809	
	U _B , кДж/м ²	$5,88 \times 10^{-1}$	$8,3 \times 10^{-2}$	40498		0,824	
Этал-247 эпоксидті шайыр							
Этал – 1440Н	Т, тәулік	$8,00 \times 10^{-4}$	1,77	292		0,913	
	Q, МДж/м ²	$1,84 \times 10^{-2}$	$7,48 \times 10^{-1}$	2608		0,929	
	U _A , МДж/м ²	$4,47 \times 10^{-2}$	1,15	111,5		0,919	
	U _B , кДж/м ²	$4,00 \times 10^{-2}$	$6,87 \times 10^{-1}$	1636		0,904	

Толық түс айырмашығын зерттеу барысында ЭД-20 шайырына қарағанда Этал-247 шайырының тұрақсыздығы және ұзақмерзімділігінің шамасы 76 тәулік, жыныт күн радиациясы шегі – 2100 МДж/м². А және В диапазонының шамасы сәйкесінше 76 МДж/м² және 1150 МДж/м²-тан кейін бұзылуы көрсетті. Салыстырмалы түрде 3.14-суретте келтірілгендей ЭД-20 экспозиция ұзақтығының барлық уақытта 0,5-0,7% өзгеріске ғана ұшырады және тұрақтылығы Этал-247 қарағанда 99 тәулікке артық, жыныт күн радиациясына 6225 МДж/м²-ге дейін, А диапазоны бойынша 178 МДж/м². В диапазоны бойынша 5500 МДж/м²-ге дейін түс айырмашылығының беріктік шамасын көрсетті.

ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделіп Этал-1443,Н қатай-қышмен қатайтылған полимерлердің ΔE_{SMUKH} толық түс айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жыныт күн радиациясына, А диапазонының және В диапазонының жыныт күн ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.14-суретте келтірілген.



3.14-сурет – ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделіп Этал-1443,Н қатай-қышмен қатайтылған полимерлердің ΔE_{SMUKH} толық түс айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жыныт күн радиациясына, А диапазонының және В диапазонының жыныт күн ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.14-суретте келтірілген.



3.14-сурет – ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделіп Этал-1443,Н қатай-қышмен қатайтылған полимерлердің ΔE_{SMUKH} толық түс айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жыныт күн радиациясына, А диапазонының және В диапазонының жыныт күн ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.14-суретте келтірілген.

3.14-сурет – ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделіп Этал-1443,Н қатай-қышмен қатайтылған полимерлердің ΔE_{SMUKH} толық түс айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жыныт күн радиациясына, А диапазонының және В диапазонының жыныт күн ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.14-суретте келтірілген.

3.14-сурет – ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделіп Этал-1443,Н қатай-қышмен қатайтылған полимерлердің ΔE_{SMUKH} толық түс айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жыныт күн радиациясына, А диапазонының және В диапазонының жыныт күн ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.14-суретте келтірілген.

«Бону жабындарының түс компоненттерін статистикалық талдау» бағдарламасын пайдалану қысқартуға мүмкіндік береді (сканерленді кәдімгі планшеттік сканердің көмегімен алуға болады), бұл оны полимерлі және олардың негізіндегі жабындардың колориметриялық сипаттамаларын бағалау кезінде ең қолайлы етеді. Адам көзімен қабылданбайтын критикалық мәнді ескере отырып ($\Delta E_{ab} \leq 2,75$), тікелей сканерлеу әдісін пайдаланған кезде ұқсас ΔE_{SMUKH} параметрі 0,18-ден аспауы керек.

Экспозиция уақытының әсерін (Т), жалпы күн радиациясының қарқындылығы (Q), табиғи климаттық жағдайларда экспозицияланған ЭШ түсінің жалпы А (U_A) және В (U_B) диапазонының айырмашылығына ультракүлгін сәулеленуін (тікелей сканерлеу әдісімен) сипаттайтын (2.22) тендеу коэффициенттерінің мәндері 3.10-кестеде келтірілген.

Қатайтын мәндері						
Қатайтын түрі	Қарастырылатын фактор	Тендеу коэффициенттерінің мәндері (2.22)				
		α_3	β_4	γ_5	R^2	
1	2	3	4	5	6	
ЭД – 20 эпоксиіт шайыры						
Этал – 1440Н	Т, тәулік	$6,49 \times 10^{-3}$	$5,58 \times 10^{-1}$	513	0,375	
	Q, МДж/м ²	$1,74 \times 10^{-2}$	$2,45 \times 10^{-1}$	8282	0,773	
	U _A , МДж/м ²	$3,63 \times 10^{-2}$	$2,41 \times 10^{-1}$	481	0,773	
	U _B , кДж/м ²	$4,29 \times 10^{-2}$	$1,27 \times 10^{-1}$	13719	0,810	
Этал – 247 эпоксиіт шайыры						
Этал – 1440Н	Т, тәулік	$4,00 \times 10^{-4}$	1,34	352	0,946	
	Q, МДж/м ²	$3,00 \times 10^{-4}$	0,1	2130	0,962	
	U _A , МДж/м ²	$4,70 \times 10^{-3}$	1,10	109	0,954	
	U _B , кДж/м ²	$2,20 \times 10^{-4}$	1,16	1360	0,871	

Жүргізілген табиғи-климаттық зерттеулердің нәтижелерінен ең жоғары оқшаулағыш-сәндік қасиеттерді салыстырғанда ЭД-20 эпоксиіті шайыры негізінде Этал-1440Н-мен қатайтылған құрамы көрсеткендігі анықталды. Этал-247 эпоксиіті шайыры және Этал-1440Н қатайтышымен қатайтылған композицияларға негізделген жабындар 10 ай ішінде табиғи климаттық әсер ету процесінде түстің ең үлкен өзгерістігімен сипатталады.

Ұсынылған математикалық модель эпоксиіті жабындардың сәндік сипаттамаларын табиғи экспозиция ұзақтығына, жыныттық күн радиациясына және А және В диапозондарының ультракүлгін сәулелеріне байланысты өзгерту процесін жоғары сенімділікпен сипаттауға мүмкіндік береді. Ең сәндік тәзімді жабындар ЭД-20+Этал-1440Н композицияларының негізінде алынатыны математикалық модельдеу барысында анықталды.

Сонымен қатар, модифицирленген эпоксиіті шайыр негізіндегі сұйық жабындардың жылуоқшаулағыш қасиетін зерттеу мақсатында жабын қабатын әртүрлі қалыңдықта жағу арқылы олардың жылуөткізгіштік көрсеткіштері анықталды және анықталған жылу өткізгіштік коэффициенттері 3.11-кестеде келтірілген.

3.11-кесте – Модифицирленген эпоксиіті шайыр негізіндегі сұйық жабын үлгілерінің жылуөткізгіштік көрсеткіштері

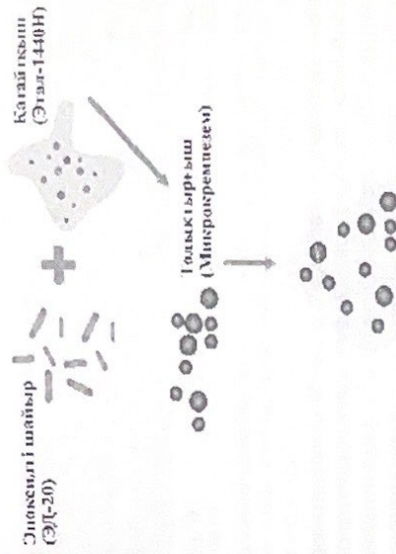
Қолданылатын қабатырдың қалыңдығы, мм	Жылу өткізгіштік коэффициенті $\lambda_{сж}$, Вт/(м·К)
0,98	0,263
1,87	0,163

Кестеде көрсетілгендей сұйық жабын қабатының жылуөткізгіштік коэффициенттері 0,98 мм қалыңдықтан 1,87 мм қалыңдыққа өскен кезінде 0,1 Вт/(м·К) көрсеткішіне артық мән көрсетті.

Зерттеу барысында алынған сұйық композициялардың жылуөткізгіштік коэффициенттерінің көрсеткіштері жылуоқшаулағыш қасиетке сәйкес келмегендіктен және сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың жылуөткізгіштік коэффициенттері 0,1 Вт/(м·К) шамасынан төмен болуға тиіс екендігін ескере отырып, аталған шайырлы сұйық композицияларға жылуоқшаулағыш қасиеттерді беру мақсатында құрамында микрокремнезем бар жаңа сұйық жылуоқшаулағыш жабындарды өндіру көзделді.

3.4 Жұқа дисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде полимерлі жылуоқшаулағыш жабындар

Құрамында қатайтышы бар, маркасы ЭД-20 болатын эпоксиіті шайыр микрокремнеземмен тоқтаусыз араластыру арқылы 3.15-суретте көрсетілгендей дисперсиялық әдісімен алынды.



3.15-сурет – Микрокремнеземді толтырғышты енгізу арқылы эпоксиіті полимерлі шайыр композицияның түзілу схемасы

СЖОЖ құрамындағы микрокремнеземнің оңтайлы құрамын анықтау үшін толтырғыштың құрамы массадан 20-50%-ға дейін дайындалды. Толтырғыш компонентті тандау критерийлері қатайтылған жабынның тығыздық мөндерін төмендету және алынған СЖОЖ эксперименттік және есептік жылуөткізгіштік коэффициенттері бойынша анықталды. 3.12-кестеде алынған композициялардың құрамындағы байланыстырғыш пен толтырғыш мөлшерінің әсері және пайда болған технологиялық қасиеттері сипатталған.

3.12-кесте – СЖОЖ құрамындағы байланыстырғыш пен толтырғыш ара қатынасының әсері және қасиеттері

СЖОЖ атауы	СЖОЖ құрамы, %		Тығыздық, $\rho_{сжж}$, г/см ³	$\lambda_{сжж}$, Вт/(м·К)	$\lambda_{сжж}$, Вт/(м·К)
	ЭД-20	Микрокремнезем			
ЭШ-МК-20	80	20	0,68	0,081	0,088
ЭШ-МК-30	70	30	0,63	0,081	0,087
ЭШ-МК-40	60	40	0,61	0,079	0,085
ЭШ-МК-50	50	50	0,54	0,078	0,081

Кестеден толтырғыш құрамы 20% құраған жағдайда алынған СЖОЖ жылуөткізгіштік коэффициенті жақсы мәнге ие және тығыздығы да сәйкесінше сұйық бояудың қасиетін жоғалтпайтынын көреміз.

Сонымен қатар, эпоксиіті шайыр мен микрокремнеземнің ең тиімді құрамын анықтау мақсатында эпоксиіті-микрокремнеземді композициялардың төрт түрлі үлгілері дайындалып, микрокремнеземнің шайыр бетінде біркелкі таралуын анықтау және микроқұрылымын бағалау үшін 3.16-суретте көрсетілгендей сканерлеуші электронды микроскопия әдісі қолданылды.

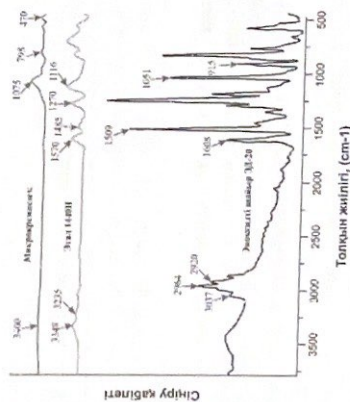


ЭШ/МК 80:20 ЭШ/МК 70:30 ЭШ/МК 60:40 ЭШ/МК 50:50
3.16-сурет – Өртүрлі қатынастығы композициялардың сканерлеуші электронды микроскопиясының (СЭМ) графикалары

Тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде ЭД-20:МК композицияларында микрокремнеземнің пайыздық үлесі ұлғайған сайын, шайырдың жеткіліксіз мөлшері микрокремнеземнің бір-біріне жабысып, қалдық көпіршіктерінің көбеюіне, композицияларда алшақтық пайда болуына, сонымен қатар механикалық араластыру, қалыптау және қатайту кезінде көптеген қиындықтар туындауына әкеліп соқты. Сонымен қатар, эксперименталдық және есептік жылуөткізгіштігін анықтау барысында жылуөткізгіштік коэффициенті басқа қатынастарға қарағанда төмен көрсеткішке – 0,081-0,088 Вт/(м·К) ие. Бұл алынған композицияларды жылуокшау-лағыш жабын ретінде қолдануда тиімді екенін дәлелдейді.

Зерттеу нәтижесінде ЭД-20:МК композицияларында 80:20 қатынаста ең тиімді, оптималды құрам екені дәлелденді. Сонымен қатар, бұл қатынаста микрокремнеземнің полимер матрицасында біркелкі таратылғаны байқалды.

Эпоксидті шайырдың ЭД-20, Этал-1440Н қатайтылған және микрокремнезем бөлшектерінің функционалды топтарының арасындағы байланысты зерттеу үшін 3.17-суретте көрсетілгендей ИҚ спектрлік талдау әдісі қолданылды. Т-за эпоксидті шайырдың (ЭД-20), қатайтылған (Этал-1440Н) және толтырғыш микрокремнеземнің инфрақызыл спектрлері көрсетілген.



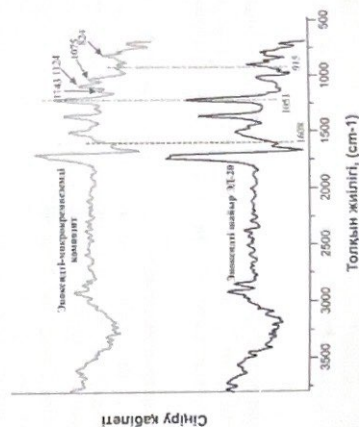
3.17-сурет – Таза эпоксидті шайырдың (ЭД-20), қатайтылған (Этал-1440Н) және микрокремнеземді толтырғыштың ИҚ спектрлері

Таза эпоксидті шайырдың (ЭД-20) инфрақызыл спектрі 4000 cm^{-1} -ден 400 cm^{-1} -ге дейінгі диапазонда эпоксидті сақинаың сіңірудің екі тән шыңын көрсетті. 915 cm^{-1} -дегі өткір шың, анықтамалық шың, оксидан сақинаының C-O деформациясына сәйкес келеді, ал 1051 cm^{-1} -де орналасқан екінші жолақ эпоксидті топтың C-O-C созылуын, ал 3037 cm^{-1} -дегі басқа жолақ оксидан сақинаының C-H метилінің деформациясына жатады [140]. 1509 cm^{-1} және 1608 cm^{-1} шамасындағы анықтамалық шыңдар C-C хош иісті қосылыстардың созылу тербелістеріне сәйкес келеді, 2920 cm^{-1} және 2964 cm^{-1} сәйкесінше C-H -CH₂ - және C-H-CH₃ созылу тербелістерімен байланысты [141, 142].

Аминді қатайтылған ИҚ-спектрінде Этал-1440Н бастапқы амин тобына сәйкес келетін 650-900 cm^{-1} аймағында кең сіңіру жолақтарын бекітеді. Бастапқы аминдер сонымен қатар 3300-3500 cm^{-1} аймағында екі сіңіру жолағымен сипатталады. Сол аймақта поликонденсация кезінде пайда болатын кайталама гидроксил топтарының кең сіңіру жолағы (3200-3500 cm^{-1}) жүзеге асырылады.

Микрокремнеземнің силанол тобының күшті және кең Si-O шыңдарына (950-1100 cm^{-1}) және -OH (3000-3780 cm^{-1}) шыңдарына байланысты силанолдың функционалды топтары ИҚ спектрі арқылы анықталды.

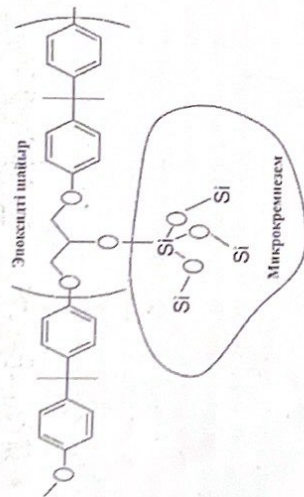
Таза эпоксидті шайыр (ЭД-20) мен эпоксидті-микрокремнеземді композицияның ИҚ спектрлері 3.18-суретте көрсетілді.



3.18-сурет – Таза эпоксидті шайыр (ЭД-20) мен эпоксидті-микрокремнеземді композициялардың ИҚ спектрлері

Сипаттамалық ерекшеліктер 915 cm^{-1} -де эпоксидті сақинаының азаюы және толығымен дерлік жойылуы және 1610 cm^{-1} -де N-H созылуы эпоксидті сақинаының толық ашылу реакциясын растайды, қатаю процесінде соңғы эпоксидті топтарды қатайтылған айкастырып, нәтижесінде үш өлшемді айкаспалы тор пайда болады [143]. 1237 cm^{-1} -де сіңіру шыңының болуы эпоксидті сақинаының амин тобының қатайтылған айкасуы нәтижесінде пайда болған C-N созылуына байланысты болды [144, 145].

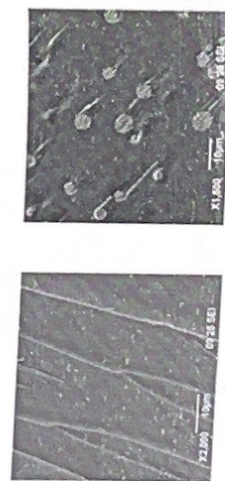
Зерттеу нәтижесінде эпоксидті-микрокремнеземді композиттердің спектрінде 824 см^{-1} , 1075 см^{-1} және 1143 см^{-1} шыңдары Si-OH иілу тербелістерінің болуымен, кремний диоксиді толтырғышының Si-O-Si тербелістерінің созылуымен және кремний диоксидінің эпоксидті шайырмен Si-O-C байланысының түзілгендігі байқалды (1124 см^{-1}) (3.19-сурет).



3.19-сурет – Микрокремнезем мен эпоксидті шайыр арасындағы байланыстың түзілу схемасы

Эпоксидті шайыр мен эпоксидті-микрокремнеземді композит үлгілерінің микроқұрылымының СЭМ микрографтары эпоксидті шайыр матрицасы мен кремний диоксиді толтырғыштарының фазааралық өзара әрекеттесуіндегі айырмашылықты және микрокремнезем толтырғыштары бар эпоксидті композиттердің морфологиялық және құрылымдық қасиеттерінің корреляциясын көрсетеді.

Эпоксидті шайырдың (3.20а-сурет) тегіс бетімен салыстырғанда (3.20ә-сурет) суретте көрсетілгендей жарылған беттердің келір-бұдырлығының жоғарылауы эпоксидті матрицаға микрокремнеземді толтырғыштардың енгізілуін растайды [146].



а – эпоксидті шайыр, ә – каталитылған ЭШ/МК композиті;

3.20-сурет – Эпоксидті шайыр мен эпоксидті-микрокремнеземді композиттің СЭМ графикалары

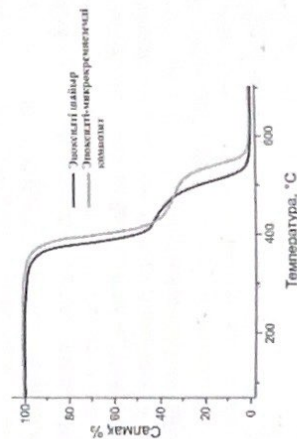
Суретте көрсетілген микрографтар эпоксидті матрицадағы микрокремнеземнің қанағаттанарлықтай біркелкі дисперсиясын көрсетеді, бұл микрокремнезем бөлшектерінің каталитылған эпоксидті матрицамен жақсы араласуын және микро бөлшектерін қоршап тұрған бос орындардың болмауын білдіреді.

Микрокремнезем бар эпоксидті композиттердің микрографтарын бақылай отырып, жақсы дисперсті модификацияланған микрокремнеземді эпоксидті матрицаға толығымен енгізіліп, қабыршақтанбайтын бөлшектерсіз интерфейстерде жоғары адгезиялық қасиетін, сонымен қатар, микрокремнезем каталитылған матрицамен жақсы деңгейде өзара әрекеттескендігін көрсетті.

Матрица мен микрокремнезем арасындағы күшті фазааралық адгезия эпоксидті топтардың толтырғыш бетінде орналасқан Si-OH топтарымен реакциясына байланысты болуы мүмкін, сондықтан бөлшектер матрицадан қабыршақтанбауына немесе полимердегі бос орындардың өсуіне жол бермейді [147, 148].

120°C -тан төмен температурада салмақ жоғалтпау салдарынан, үлгілерді өңдеу кезінде еріткіштер мен қалдық сулардың мөлшерінің сәтті алынып тасталуы байқалды. Шамамен 240°C температурада күрделі эфирлі байланыстың болуы салдарынан біртіндеп ыдырау басталды. Изомеризация, тізбекті тасымалдау, молекулалық циклизация реакциялары және ыдыраудың бірінші сатысында болатын басқа радикалды реакциялар олардың $200\text{--}400^\circ\text{C}$ температурада болатын массаның жоғалуының екінші сатысында ыдырауына әкелді [149, 150].

Алынған материалдардың нақты қызмет ету мерзімі ішінде термиялық деформацияға қасиетін бағалау мақсатында зерттеулер жүргізілді. Эпоксидті шайыр мен эпоксидті-микрокремнеземді композит TGA термограммалары 3.21-суретте көрсетілген.



3.21-сурет – Эпоксидті шайыр мен эпоксидті-микрокремнеземді композиттің TGA термограммалары

Эпоксидті-микрокремнеземді композиттің термиялық ыдырау температурасы микрокремнеземсіз эпоксидті шайыр үлгісімен салыстырғанда барлығы үшін жоғары мәндерге ауысканы анықталды, бұл кремнеземді толтырғыштардың каталитылған шайырдың термиялық тұрақтылығының жоғарылауына әсерін тигізетінін көрсетті.

3.5 Әр түрлі беттерде қалыптасқан жабын материалдарының қасиеттері

Микрокремнезем негізіндегі сұйық жылуоқшаулағыш жабындар жылу шығынын азайтады және ұзақ мерзімді қорғаныс үшін әртүрлі беттерге жағары адгезияға ие болуы тиіс. Олардың жылуоқшаулағыш қасиеттері жылу сәулеленуінің бірнеше шағылысуы мен таралуын қамтамасыз ететін кеуекті құрылыммен, сондай-ақ тиімді жылу оқшаулауын қамтамасыз ететін материалдың төмен жылу өткізгіштігімен және жоғары жылу сыйымдылығымен анықталады.

Алынған сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың әртүрлі беттерге қолданған кездегі кеуектілік, бу өткізгіштік, адгезиялық беріктік, жылу өткізгіштік коэффициенті, жабын жылтырлық дәрежесінің мәндері 3.13-кестеде келтірілген.

3.13-кесте– Сұйық жылуоқшаулағыш үлгілерінің сипаттамалары

Зерттеу түрлері	Сұйық жылуоқшаулағыш жабын					Қажетті шамаларға сәйкестігі
	Металл	Бетон	Ағаш	Кіріпіш	Сылақ	
Кеуектілік, %	3	3,5	3,5	3,5	3,5	Сұйық жылуоқшаулағыш жабындарға сәйкес 2,5-4%
Бу өткізгіштік, мг/м сағ Па	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Төмен бу өткізгіштікке сәйкес
Жылу өткізгіштік Вт/(м К)	0,1	0,09	0,09	0,08	0,08	0,1-ден төмен материалдар жылуоқшаулағыш жабын екенін дәлелдейді
Жабындардың жылтырлық дәрежесі	30	35	35	36	36	Жарталай жылтыр бояуға сәйкес келеді
Адгезиялық беріктік, МПа	2,0	2,2	2,2	2,1	1,3	Жеңілді тектес композицияларға сәйкес

Сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың металл, бетон, ағаш, кіріпіш, сылақ беттеріне қолданылған кезде эксплуатациялық жағынан тиімді қасиеттері – кеуектілік, бу өткізгіштік, адгезиялық беріктік, жылу өткізгіштік коэффициенті, жабын жылтырлық дәрежесінің мәндері анықталды. Алынған мәндер кеуектілігі – 3-3,5%, бу өткізгіштік – 0,001 мг/м сағ Па, жылу өткізгіштік – 0,08-0,1 Вт/(м К), жабындардың жылтырлық дәрежесі 30-36, адгезиялық беріктік – 1,3-2,2 МПа аралықтарын көрсетті. Бұл мәндер алынған СЖОЖ-ның қасиеттерінің сұйық жылуоқшаулағыш жабынға сәйкес келетінін дәлелдейді [151,152].

3.6 Эпоксидті шайыр негізіндегі жабындардың ұзақмерзімділігі

Эпоксидті композицияларға негізделген жабындарды сәндік жабын және оқшаулағыш функцияларын орындау үшін керек жағдайларда қолданған жөн. Жабындарға әсер ететін сыртқы орта жабын материалының беріктігіне әсер етеді. Ең алдымен агрессивті орталардың әсерінен композицияның байланыс аймағындағы когезиялық беріктігі өзгереді.

Бұл байқалатын құбылыс жоғары температурада эпоксидті шайыр матрицасының жылуоқшаулағыш қасиетін қамтамасыз ететін кремний диоксиді бөлшектерінің төменгі беттік энергиясымен түсіндіруге болады [54]. Микробөлшектер бар шайырлы композицияның эпоксидті шайырға қарағанда жоғары термиялық тұрақтылығын көрсетеді.

Бұл зерттеулер шайырдың кремний диоксиді микробөлшектерінің кеуектеріне еніп, термиялық тұрақтылықтылығын, яғни ыстыққа төзімділігінің арттыратын өзара тор түзетінін дәлелдейді.

Сонымен, жылуоқшаулағыш материалдар алу мақсатында маркасы ЭД-20 болатын эпоксидті шайырға микрокремнезем толтырғышын енгізу арқылы эпоксидті композиция өңделді.

Эпоксидті шайыр мен микрокремнеземнің ең тиімді құрам-қатынасын анықтау мақсатында эпоксидті-микрокремнеземді композициялардың төрт түрлі үлгілері дайындалды. Микрокремнеземнің шайыр бетінде біркелкі таралуын анықтау және микрорұқшылығын бағалау үшін сканерлеуші электронды микроскопия әдісі қолданылды. Зерттеу нәтижесінде МК:ЭД-20 композициясында 20:80 қатынаста ең тиімді, оптималды құрам екені дәлелденді. Сонымен қатар, бұл қатынаста микрокремнеземнің полимер матрицасында біркелкі таратылғаны байқалды.

Эпоксидті шайырдың ЭД-20, Этал-1440Н каталитикшінің және микрокремнезем бөлшектерінің функционалды топтарын зерттеу үшін ИК спектрлік талдау әдісі қолданылды. Зерттеу нәтижесінде эпоксидті-микрокремнеземді композициялардың спектрлерінде Si-OH иілу тербелістерінің болуымен, кремний диоксиді толтырғышының Si-O-Si тербелістерінің созылуымен және кремний диоксидінің эпоксидті шайырмен Si-O-Si байланысының түзілгені байқалады.

Эпоксидті шайыр мен эпоксидті-микрокремнеземді композиция үлгілерінің микрорұқшылығының СЭМ микрофотографтары эпоксидті шайыр матрицасы мен кремний диоксиді толтырғыштарының фазааралық өзара әрекеттесуіндегі айырмашылықты және микрокремнезем толтырғыштары бар эпоксидті композициялардың морфологиялық және құрылымдық қасиеттерінің корреляциясын көрсетті. Микрокремнезем бөлшектері эпоксидті матрицаға толығымен енгізіліп, қабыршақтанбайтын бөлшектерсіз интерфейстерде жоғары адгезиялық қасиетін, сонымен қатар, микрокремний диоксиді бөлшектері қатайтылған матрицамен жақсы деңгейде өзара әрекеттескендігін көрсетті.

Эпоксидті шайыр мен эпоксидті-микрокремнеземді композиция үлгілерінің нақты қызмет ету мерзімі ішінде термиялық деформацияға қасиетін бағалау мақсатында жүргізілген зерттеулер нәтижесі TGA термограммаларымен анықталды. Бұл зерттеулер шайырдың кремний диоксиді микробөлшектерінің кеуектеріне еніп, термиялық тұрақтылықтылығын, яғни ыстыққа төзімділігінің арттыратын өзара тор түзетінін дәлелдейді.

Жабын материалының адгезиялық беріктігін өзгерту процесін зерттеу үшін эксперименттік зерттеулер жүргізілді, оның мақсаты құрамында хлор (Cl) иондары, сульфат қосылыстары (SO₄) бар ортаның әрекет ету жағдайында бетон бетіне қолданылатын эпоксидті композициялардың адгезиялық беріктігін төмендету заңдылықтарын зерттеу болды. Эксперимент нәтижелері 3.14-кестеде келтірілген.

3.14-кесте – Адгезиялық беріктіктің (МПа) құрамында иондары бар ерітінділердің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі Cl, SO₄

Ортада әсер ететін ион түрі	Шотырлану, мг/м ³	Сынақ режимінің параметрлері					Ортаның әсер ету мерзімі, тәулік				
		T, °C	Салыстырмалы ылғалдылық, %	0	30	60	180	360	540		
SO ₄	75	35	75		1,6	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Cl	100	50	75		1,6	1,3	1,2	1,1	1,0	0,8	0,8

Эксперименттік деректерді талдаудан мыналар шығады: құрамында сульфат типті иондары бар ерітінділердің әсерінен кольматация әсерінің көрінуіне байланысты деградация процесінің өздігінен тежелуі мүмкін; құрамында хлор иондары бар ерітінділердің әсерінен кольматация әсері байқалмайды, сондықтан жабынның ажырауы мүмкін.

3.7 Жұқадисперсті минералды жүйелер негізінде сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың жылу өткізгіштігіне әсер ететін негізгі құрылымдық параметрлері

Өзірленетін сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың бәсекеге қабілеттілігін растайтын негізгі техникалық параметрлер:

- сұйық күйдегі тығыздық – 0,8 кг/см³ аспайды;
- қатты күйдегі тығыздық – 0,5 кг/см³ аспайды;
- жабынның адгезиясы (бөліну күші тұрғысынан) – 1-1,5 МПа;
- жылу өткізгіштік (MEMСТ 7076-99 бойынша) – 0,1 Вт/(м К) аспайды.

Өндіріске әзірленген композицияларды енгізу жоғары температураның (жылу құбырлары үшін) және климаттық факторлардың (қасбеттер, шатырлар және т. б. үшін) ұзақ әсер етуі үшін эксперименттік зерттеулерді қажет етеді.

Әр түрлі қалыңдықтағы СЖОЖ жылу-физикалық көрсеткіштерін анықтау үшін ұсынылған әдістемені қолданамыз. Қабаттар саны мен жабын қалыңдығының жылу өткізгіштік коэффициентіне әсерін анықтау үшін қалыңдығы 150×150 мм және қалыңдығы 3 мм шығыа қалыңдығы шамамен 1 мм жылуоқшаулағыш жабынның 6 қабаты дәйекті түрде 24 сағат аралықта кептірумен қолданылды. Әр кезеңде «ИТС-1» аспабының көмегімен эквивалентті көрсеткіштер анықталды: жылу ағынының тығыздығы, жылу кедергісі және үш қабатты үлгілердің жылу өткізгіштік коэффициенті. Алынған нәтижелер 3.15-кестеде келтірілген.

3.15-кесте – Сұйық жылуоқшаулағыш жабынның қабаттары мен қалыңдығына байланысты үш қабатты үлгілердің жылу-физикалық көрсеткіштерін өлшеу

Қолданылатын қабаттардың қалыңдығы, мм	Жылу ағынының эквивалентті тығыздығы q _{экв} , Вт/м ²	Баламалы жылу кедергісі R _{экв} , м ² К/Вт	Эквивалентті жылу өткізгіштік коэффициенті λ _{экв} , Вт/(м К)	Жылу өткізгіштік коэффициенті λ _{сжжж} , Вт/(м К)
1,01	142,4	0,043	0,163	0,0358
1,99	125,9	0,049	0,163	0,0581
2,94	118,7	0,060	0,149	0,0651
4,08	114,0	0,072	0,140	0,0713
4,87	106,6	0,083	0,131	0,0714
5,98	104,0	0,096	0,125	0,0739

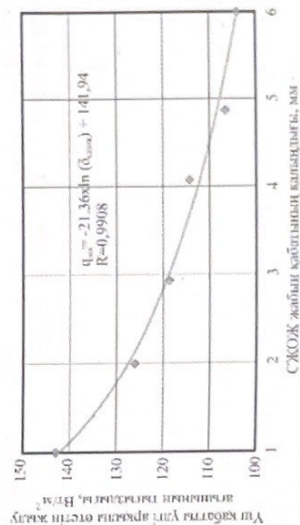
Алынған деректерді талдаудан (3.22-3.25-суреттер) жылуоқшаулағыш қабаттың қалыңдығына байланысты үш қабатты жазық үлгілердің жылу ағынының эквивалентті тығыздығы логарифмдік тәуелділікпен сипатталатыны анықталды:

$$q_{экв} = 141,94 - 21,36 \cdot l_n(\delta_{сжжж}) \quad (3.1)$$

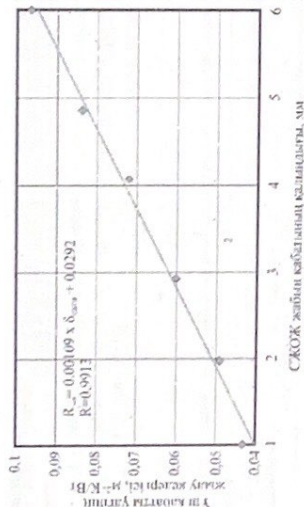
Эквивалентті жылу кедергісі және жылу беру коэффициенті сызықтық теңдеулер бойынша анықталды:

$$R_{экв} = 0,0292 + 0,0109 \cdot \delta_{сжжж} \quad (3.2)$$

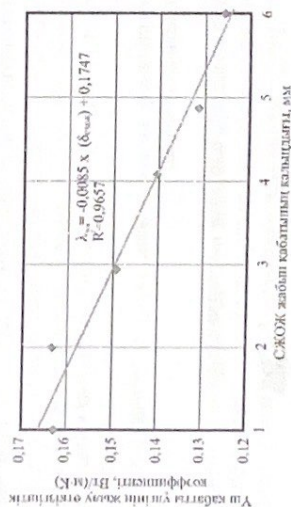
$$\lambda_{экв} = 0,1747 - 0,0085 \cdot \delta_{сжжж} \quad (3.3)$$



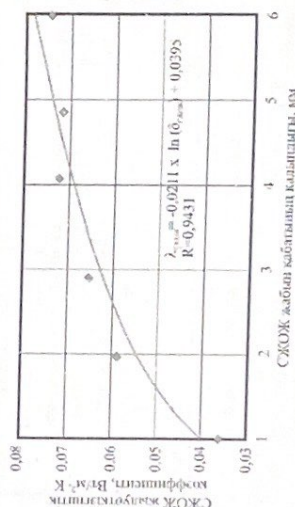
3.22-сурет – Жылу ағынының эквивалентті тығыздығының өзгеруі оптикалық қабаттың қалыңдығына байланысты үш қабатты үлгі



3.23-сурет – СЖОЖ қабатының қалыңдығына байланысты үш кабатты үлгінің эквивалентті жылу кедергісін өзгерту



3.24-сурет – Оптикалық кабаттың қалыңдығына байланысты үш кабатты үлгінің жылу өткізгіштігінің эквивалентті коэффициентін өзгерту



3.25-сурет – Жабынның қалыңдығына байланысты сұйық жылуоқшаулағыштың жылу өткізгіштік коэффициентінің өзгеруі

Жалпы қалыңдығы 6 мм болатын 2 шыны сынамасының жылу ағынының тығыздығы, жылу кедергісі және жылу өткізгіштігі сәйкесінше: $230,7 \text{ Вт}/\text{м}^2$, $0,0148 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ және $0,4053 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Қаптаманың қалыңдығы 1-ден 6 мм-ге дейін ұлғайған кезде бұл көрсеткіш $0,0358$ -ден $0,0739 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ -ге дейін өскені анықталды. Қаптау қалыңдығының жоғарылауымен $\delta_{\text{сжж}}$ -тің ең үлкен өзгерісі $1-2 \text{ мм}$ аралықта қарағанда қалыңдығы $4-6 \text{ мм}$ аралықта жабындар үшін көрсеткіштің тұрақтандырылуы тіркелді. Бұл көрсеткіштің зерттелетін аралықтағы вариация коэффициенті $22,9\%$ құрайды. Зерттелетін жабын қалыңдығы аралығының тарылуы $9,43\%$ – $2-6 \text{ мм}$ үшін; $5,363\%$ – $3-6 \text{ мм}$ үшін; $2,01\%$ – $4-6 \text{ мм}$ үшін; $2,37\%$ – $5-6 \text{ мм}$ үшін оның айтарлықтай төмендеуіне әкелді.

Нәтижелер ИТС-1 жылу өткізгіштік өлшегішін қолдануға негізделген бұл әдіс жұқа жылуоқшаулағыш жабындардың жылу сипаттамаларын бағалау үшін перспективті екенін көрсетеді. Ең тұрақты пайдалану сипаттамаларын алу үшін қалыңдығы $3-6 \text{ мм}$ жылуоқшаулағыш жабындарды зерттеу және қолдану ұсынылды [153,154].

3.16-кестеде көрсетілгендей, модифицирленген эпосидті шайыр негізіндегі сұйық жабын мен құрамында микрокремнезем бар сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың жылуөткізгіштік коэффициенттерін салыстыра келе, жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйе негізіндегі жылуоқшаулағыш жабынның жылуөткізгіштік көрсеткіші жылуоқшаулағыш материалдарға сай қанағаттанарлық нәтиже көрсетті.

3.16-кесте – Сұйық жабындардың жылуөткізгіштік коэффициенттері

Жабын атауы	1 мм қалыңдықтағы эквивалентті жылу өткізгіштік коэффициенті $\lambda_{\text{экв.}}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	2 мм қалыңдықтағы эквивалентті жылу өткізгіштік коэффициенті $\lambda_{\text{экв.}}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
СЖОЖ	0,1	0,08
СЖ	0,263	0,163

Алынған нәтижелерге сәйкес сұйық жылуоқшаулағыш жабын толтырғышсыз сұйық жабынға қарағанда жылуөткізгіштік коэффициенті орташа есеппен $0,123 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ -ге жоғары қасиетті көрсетті.

Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізіндегі әзірленген сұйық жылуоқшаулағыш жабындар жақсы физика-химиялық және механикалық қасиеттерге ие. Соны негізінде аталған жабындар жылу энергетикасы және өнеркәсіп (қазандықтар, құбырлар, мұнай сақтауға арналған резервуарлар, тоназытқыш жабдықтары, компрессорлық жабдықтар және т.б.), құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық секторы (жабырға құрылымдары, шатырлар, монолитті плиталардың ұштары, шатыр жабындары және т.б.) және көлік (тоназытқыш автотомобильдер, жолаушылар көлігі, теміржол вагондары, теңіз және өзен кемелері, әуе көлігі және т.б.) салаларында қолдану мүмкіндігін туындатады.

3.8 Жылуоқшаулағыш жабындар өндірісінің болжамды техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Монотрафияда орындау барысында минералды түйіршікті жүйелердің жәдіасперсті толтырғыштары – микрокремнезем негізінде жылуоқшаулағыш жабындарды жасау мүмкіндігі расталды. Бұл толтырғыштың пайдалына тапдау олардың жоғары жылуоқшаулағыш сипаттамаларына, сондай-ақ Қазақстанның көптеген аймақтарында диатомит кен орындарының болуына байланысты болды.

Жылуоқшаулағыш жабындарды өндірудің техникалық-экономикалық көрсеткіштері өндірістің тиімділігін және оның экономикалық орындылығын анықтайтын маңызды параметрлер болып табылады. Бұл көрсеткіштерге өндіріс процесінің техникалық аспектілері ғана емес, сонымен қатар шикізат пен материалдар шығындары, еңбек шығындары, энергия шығындары, сондай-ақ өнімді сатудан түскен кірістер сияқты қаржылық көрсеткіштер де кіреді.

Техникалық-экономикалық көрсеткіштерді жан-жақты талдау нарықта максималды тиімділік пен бәсекеге қабілеттілікті қамтамасыз ете отырып, жылу оқшаулағыш жабындар өндірісін дамытудың онтайлы стратегияларын анықтауға мүмкіндік береді. 3.17-кестеде әзірленген композицияларды өндірудің өзіндік құны көрсетілген. Өндірісте қолданылатын материалдардың құны 2023 жылдың нақты бағасымен қабылданды.

3.17-кесте – Жылуоқшаулағыш жабындардың әзірленген құрамдарының өзіндік құнын есептеу

№	Шығандардың атауы	Өлшем бірлігі	Өлшем бірлігінің бағасы, тг.	Микрокремнезем негізіндегі қосыластар		Дерек көздер
				Калькуляция бірлігіне шығын нормасы	Калькуляциялық бірлікке арналған шығындар, тг.	
1	ЭД-20	кг	3200	0,60	1920	[155]
2	Этал-1440Н	кг	1650	0,40	656	[156]
3	Бутанол	л	1800	0,10	180	[157]
4	Микрокремнезем	кг	150	0,20	30	[158]
5	Барлығы				2786	
6	Қосымша материалдар	тг			500	
7	Өндіріс орны, 20 м²		2 ч	55,5	111	
8	Барлығы				3397	

Орындалған есептеулерге сәйкес, ұсынылған қоспалардың зауыттық құны литрне 3397 теңгені құрайды. Әзірленген жылуоқшаулағыш материал ASTRATEC HG компаниясы ұсынғаннан 61% арзан [159], ол 1 литр үшін 5490 тг бағамен сатылатыны анықталды. Бұл нарықтағы ұсыныстармен салыстырғанда айтарлықтай жақсы ұсыныс болып табылады.

Осылайша, жылуоқшаулағыш қасиеттері бар микрокремнезем мен эпосидті шайыр негізінде алынған полимерлі композициялардың ұзақмерзімділігі, физикалық қасиеттері және экономикалық-технологиялық тиімділігі анықталды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Ғимараттар мен имараттарды жылыту кезінде жылу шығынын азайту тиімділігі жылуоқшаулағыш материалдарды қолдану арқылы арқалы жүзеге асырылады. Дәстүрлі жылуоқшаулағыш материалдармен салыстырғанда сұйық жылуоқшаулағыш жабындар шіру мен көгерудің пайда болуына жол бермейді, ұзақ қызмет ету мерзіміне ие, күрделі конструкция элементтеріндегі қолжетімсіз жерлерде де жылуоқшаулағыш қасиеттерін арттыруға мүмкіндік береді және конструкция элементтеріне жүктеме түзбейді, сонымен қатар эксплуатациялық жұмыстарды орындау кезінде еңбек шығындарын айтарлықтай төмендетеді.

Сұйық жылуоқшаулағыш материалдарды алу үшін эпосид шайырдың екі түрі таңдалды: ЭД-20 және Этал-247, ал каталықштар ретінде Этал-1440Н, Этал-1460, Этал-45М және ПЭПА. Сұйық жылуоқшаулағыш материалдарды алу барысында микрокремнеземдердің мына түлері зерттелмеген: Өтесай кен орнынан алынған микрокремнезем, конденсацияланған микрокремнезем, ақ күйе, FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы.

Микрокремнезем бөлшектерінің гранулометриялық құрамы бойынша ұқсас және бөлшектерінің өлшемдері екі аралықта өзгертіндігі, яғни Өтесай диатомитінен алынған аморфты микрокремнезем үшін 0,325-0,451 мкм және 1,690-642,954 мкм, табиғи диатомит – 0,291-1,215 мкм және 1,690-642,954 мкм, ақ күйе – 0,291-0,975 мкм және 1,690-63,792 мкм, FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы – 0,291-0,975 мкм және 3,271-1931,947 мкм болатындығы дәлелденді.

Салыстыру кезінде 200-500 нм аралығындағы ең ұсақ бөлшектер Өтесай кен орны диатомитінен алынған аморфты микрокремнеземде болатыны анықталды.

Физика-механикалық көрсеткіштер кешені бойынша ең перспективті шайырдың екі түрі, яғни ЭД-20 және Этал-247 оның каталықшы ретінде Этал-1440Н анықталды. Эпосидті композиция Этал-247+Этал-1440Н созылу беріктігінің шегі – 43,92 МПа, максималды жүктемедегі салыстырмалы ұзаруы – 3,60% болатыны анықталды. Ал ЭД-20+Этал-1440Н композицияның созылу беріктігінің шегі – 48,91 МПа, максималды жүктемедегі салыстырмалы ұзаруы – 3,80% жеткізді. Нәтижесінде полимерлі композициялы сұйық жабындарын алуға Этал-1440Н каталықшы қолданылды.

Эпосидті шайыр композицияның табиғи климаттық факторлар әсеріне түс беріктігінің зерттелуі барысында сұйық жылуоқшаулағыш жабын алу үшін байланыстырғыштың онтайлы маркасы ретінде небәрі 0,5-0,7% өзгеріске ұшыраған ЭД-20 шайыры анықталды.

Зерттеу нәтижесінде ЭД-20:МК композицияда 80:20 қатынаста ең тиімді, оптималды құрам екендігі және жылуөткізгіштік коэффициенті басқа қатынастарға қарағанда жақсы көрсеткішке – 0,081-0,088 Вт/(м·К) ие екендігі дәлелденді.

Сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың металл, бетон, ағаш, кірпіш, сылақ беттерін қолданылған кезде эксплуатациялық жағынан тиімді қасиеттері – кеуектілік, бу өткізгіштік, адгезиялық беріктік, жылу өткізгіштік коэффициенті,

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Қазақстан Республикасының Заңы. Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы. бек. 13 қытар 2012 жыл, № 541-IV. <http://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1200000541>. 27.03.2024.
2. Қазақстан Республикасы ережелер жинағы 2.04-108-2014. Оқшаудайтын және әр-лейтін жабандар: бек. 29 желтоқсан 2014 жыл, № 156-НҚ // ПАРАГРАФ А.Ж. 2015, шілде – 1.
3. Қазақстан Республикасы құрылыс нормалары 2.04-21-2004. Азаматтық ғимарат-тардан энергия тұтынуы мен жылу сақтауы: бек. 17 ақпан 2006 жыл, № 63 // ПА-РАГРАФ А.Ж. 2006. 1 мамыр.
4. Boburjon Tolibjonovich Tojiboyev, Omongul Maxamadsole Qizi Dexqonboy Nabirasi HEAT INSULATING LIQUID COATING // Scientific progress. 2021. №8. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/heat-insulating-liquid-coating>. 03.12.2023.
5. P.F. Bergmann Becker, C. Effting, A. Schackow. Lightweight thermal insulating coating mortars with aerogel, EPS, and vermiculite for energy conservation in buildings // Cement and Concrete Composites. – Vol. 125, 2022, 104283, ISSN 0958-9465, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104283>.
6. Song He, Xiya Wu, Xiaoqian Zhang, Junwei Sun, Fuliang Tian, Saiping Guo, Haipeng Du, Ping Li, Yajun Huang. Preparation and properties of thermal insulation coating based on silica aerogel. Energy and Buildings, Volume 298, 2023, 113556, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113556>.
7. Kai Li, Gabriel M. Veth, Meghan E. Lamm, Annie Stevens, Tej Lamichhane, Wei Guo, Shannon M. Mahurin, Kaushik Biswas, Diana Hun, Hsin Wang, Edgar Lara-Curzio, Soydan Ozcan, Tolga Ayung, Hermetically sealed porous-wall hollow microspheres enabled by monolithic glass coatings: Potential for thermal insulation applications, Vacuum, Volume 195, 2022, 110667, ISSN 0042-207X, <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2021.110667>.
8. Селиев В.П., Осипов А.К., Невсеров В.А., Маштаев О.Г., Сидоров В.В. Полиструк-турная модель теплоизоляционного материала на основе дисперсного микрокре-мнеза // Региональная архитектура и строительство. – № 2(13). – С. 5-11.
9. Селиев В.П., Осипов А.К., Курияшкина Л.И., Седова А.А., Кечуткина Е.Л., Супо-нина Л.А. Возможность создания теплоизоляционных материалов на основе нано-структурированного микрокремнеза из диатомита // Наука: 21 век. – 2011. – № 3(15). – С. 76-86.
10. Селиев В.П. Наноматериалы и нанотехнологии в строительстве / В. П. Селиев // Наука. XXI век. – 2011. – № 1(13). – С. 58-66.
11. Эргашев М.М., Жамолдиннова Х.Т. Современные теплоизоляционные материалы в строительстве // Экономика и социум. – 2023. – № 4(107)-1. – С. 1058-1061.
12. Khamidov A., Akhmedov I., Rizaev B., Kholmiraev S., et al. Thermal insulation materials based on gypsum and agricultural waste // Science and Innovation. – 2022. – Vol. 1, № 8. – P. 1074-1080.
13. Минеральная вата: виды, применение в строительстве. <https://ekfi.store/services/tep-loizolyatsionnyye-materialy/mineralnaya-vata-vidy-primeneniye-v-stroitelstve/> 26.07.2023
14. Плиты теплоизоляционные PIR. <https://nav.tn.ru/by/catalog/teploizolyatsiya/ pir/Plity-teploizolyatsionnyye-PIR/> 26.07.2023

жабын жылытырлық дәрежесінің мәндері анықталды. Алынған мәндер кееуектілігі – 3-3,5%, бу өткізгіштік – 0,001 мг/м·с·Па, жылу өткізгіштік – 0,08-0,1 Вт/(м·К), жабындардың жылытырлық дәрежесі 30-36, адгезиялық беріктік – 1,3-2,2 МПа аралықтарын көрсетті. Бұл мәндер алынған СЖОЖ-ның қасиеттерінің сұйық жылуоқшаулағыш жабынға сәйкес келетінін дәлелдеді.

Қаптаманың қалыңдығы 1-ден 6 мм-ге дейін ұлғайған кезде бұл көрсеткіш 0,0358-ден 0,0739 Вт/(м·К)-ге дейін өскені анықталды. Қаптау қалыңдығының жоғарылауымен δ_{жжж}-тың ең үлкен өзгерісі 1-2 мм аралықта қарағанда қалыңдығы 4-6 мм аралықта жабындар үшін көрсеткіштің тұрақтандырылуы тір-келді. Бұл көрсеткіштің зерттелетін аралықтағы вариация коэффициенті 22,9% құрайды. Зерттелетін жабын қалыңдығы аралығының тарылуы 9,43% – 2-6 мм үшін; 5,363% – 3-6 мм үшін; 2,01% – 4-6 мм үшін; 2,37% – 5-6 мм үшін оның айтарлықтай төмендеуіне әкелді.

Жылуоқшаулағыш қасиеттері бар микрокремнезмен мен эпоксидті шайыр негізінде алынған полимерлі композициялардың ұзақмерзімділігі, физикалық қасиеттері және экономикалық-технологиялық тиімділігі анықталды.

Алынған нәтижелер жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негі-зіндегі сұйық жылуоқшаулағыш жабындарды алуғағы фундаменталды және қол-данбалы материалтануда маңызды болып табылады.

Осы зерттеудің нәтижелері ғимараттарды, құрылыстарды және жылумен жабдықтау жүйелерін салу кезінде энергия тиімділігін жақсарту мақсатында қазіргі заманғы құрылыс саласында енгізуге мүмкіндік береді. Олардың тұрғын үйлерге де, өнеркәсіптік кәсіпорындарға да жылу шығындарын айтарлықтай төмендету мүмкіндігі бар.

Зерттеу нәтижелерін қолданудың негізгі бағыттары:

- жылу энергетикасы және өнеркәсіп (қазандықтар, құбырлар, мұнай сак-тауға арналған резервуарлар, тоназытқыш жабдықтау, компрессорлық жаб-дықтар және т. б.);
 - құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық секторы (қабырға құрылым-дары, шатырлар, лоджиялар, монолитті плиталардың ұштары, шатыр жабын-дары және т. б.);
 - көлік (тоназытқыш автомобильдер, жолаушылар көлігі, теміржол вагон-дары, теңіз және өзен кемелері, әуе көлігі және т.б.).
- Жақсартылған пайдалану сипаттамаларының кешеніне ие Қазақстан Рес-публикасының жергілікті шикізатын толтырғыш ретінде қолдана отырып, жаңа сұйық жылуоқшаулағыш жабын әзірленді. Сұйық жылуоқшаулағыш жабын алу барысында табиғи-климаттық зерттеулер жүргізілді.

15. Теплоизоляционные материалы в виде рулонов K-FLEX PE для изоляции на воздуховодах. <https://bimlib.pro/model/k-flexpedyaizolyatsionnoyduhovodov/> 26.07.2023. 9540/
16. Полиуретановые плиты для утепления. <https://salonkabrio.com/poliuretanovyye-plity-dlya-uterpleniya/> 26.07.2023
17. Теплоизоляционные материалы пенопласт. Пенопласт как утеплитель. Обзор и отзывы. Какие листы выбрать. <https://r82.ru/for-child-care-centers/teploizolyatsionnyematerialy-penoplast-remoplast-kak-uterplitel/> 26.07.2023
18. Теплоизоляционная краска для стен и для металла — особенности и характеристики. <https://kraski-net.ru/okrashivanie/vidy/teploizolyatsionnaya-kraska-dlya-sten-i-dlya-metallo-osebennosti-i-harakteristiki> 26.07.2023
19. Гайсин А.М., Каримов А.В. Классификация теплоизоляционных материалов в составе ограждающих конструкций, представленных на рынке республики Башкортостан // Архитектура. – 2022. № 11(89). – С. 70-72.
20. Теплоизоляционные материалы: Метод. указ. / Авторы-сост.: О. А. Корчагина, В. Г. Однолюбо. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 32 с.
21. В 2022 году в Казахстане было произведено 85 тысяч тонн теплоизоляционных материалов. <https://qazindustry.gov.kz/ru/article/2608-v-2022-godu-v-kazakhstan-bylo-proizvedeno-85-tysyach-tonn-teploizolyatsionnykh-materialov> 26.07.2023.
22. Данилов В.И., Данилова М.Э., Станевич В.Т. «Современные теплоизоляционные материалы для энергоэффективного строительства» Учебно-методическое пособие. – Павлодар: Кереку, 2014. – С. 36-38.
23. Энергоэффективные конструкции в строительстве [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / А. В. Захаров, Е. Н. Сычкина, А. Б. Пономарев. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. – 103 с.
24. Ултык статистика бюросы. Казахстан Республикасы стратегиялык жоспарлау және реформалар агенттігі. <https://stat.gov.kz/> 26.07.2023.
25. Кочетова Ю.Ю. Покрытие «Корунд» – теплоизоляционный материал, снижающий теплопотери и повышающий антикоррозийную защиту зданий и сооружений сферы жилищно-коммунального хозяйства/ Ю. Ю. Кочетова // Вестник УГУЭС. Наука. Образование. Экономика. Серия: Экономика. – 2014. – № 1 (7). – С. 198-200.
26. Рыженков В.А. О влиянии структурированного тонкопленочного теплоизоляционного покрытия на термическое сопротивление теплопроводов / В. А. Рыженков, А.Ф. Прищепов, Н.А. Логина, А.П. Кондратьев // Энергосбережение и водоподготовка. – 2010. – №5 (67). – С. 58-59.
27. Трофимов А.Н. Теплоизоляционные антикоррозионные покрытия – АТП / А.Н. Трофимов, А.Ф. Косолапов // Межотраслевой альманах. – 2014. – №48. – С. 46-49.
28. Хабибуллин Ю.Х. Энергосберегающие покрытия на основе минеральных микросфер / Ю.Х. Хабибуллин, О.Б. Барышева // Известия КТА-СУ. – 2014. – №28. – С. 144-147.
29. Жидкая теплоизоляция: производители, особенности выбора и применения. <https://pro-karkas.ru/decor/liquid-insulation/> 26.07.2023.
30. Дружинина Т.Я., Копылова А.А. Актуальность применения жидкой сверхтонкой теплоизоляции в строительстве и эксплуатации промышленных и гражданских объектов // Вестник ИРГТУ. – 2013. – №2 (73). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-primeneniya-zhidkoy-sverhtonkoy-teploizolyatsii-v-stroitelstve-i-ekspluatatsii-promyshlennyh-i-grazhdanskih-obektov>. 03.12.2023.
31. Таусенев Е.М. Оценка эффективности жидкого теплоизоляционного полимерного покрытия / Е.М. Таусенев // XVII Международная научная конференция: актуальные вопросы современной техники и технологии. – Липецк, 2014. – С. 342-345.
32. Kenzhaliyev, B. & Surkova, Tatiana & Ainur, Berkinbayeva & Amanzholova, Lella & Mishra, Brajendra & Abdikerim, Bekzat & Yessimova, Dinara. (2022). Modification of Natural Minerals with Technogenic Raw Materials. Metals. 12. 1907. 10.3390/met12111907.
33. Kudrya, A. & Sokolovskaya, E. & Perezhugin, V. & Smagulov, Dauletkan & Akhmetova, G. (2019). Measurement of Banded Microstructure Characteristics in Sheet Steels. Metallurgist. 62. 10.1007/s10155-019-00778-y.
34. Ешманова Г.Б., Смагулов Д.У., Блаверт К. Технология плазменного электролитического окисления для получения защитных покрытий алюминиевых сплавов // Комплексное Использование Минерального Сырья. №2 (317), 2021 ISSN-L 2616-6445, ISSN 2224-5243. С. 78-93.
35. Abdulvaliyev, R. & Gladyshev, S. & Pozmogov, V. & Kasymzhanova, A. (2019). Hydrochemical technology for processing the ferrous fraction of bauxites. Obogashchenie Rud. 44-49. 10.17580/or.2019.04.08.
36. Kenzhaliyev, B. & S.A., Kyvatkovskiy & Trebukhov, Sergey & R.A., Abdulvaliyev & Koizhanova, A. & N.K., Tussupbayev & S.V., Gladyshev & Kassymova, G. (2022). Development and Implementation of Innovative Technologies That Ensure an Increase in The Extraction of Non-ferrous, Noble, Rare, Rare-Earth Metals. Tekhnomekanik. 5. 1-12. 10.24036/teknomekanik.v5i1.11972.
37. Abdulvaliyev, R.A. & Akcil, Ata. (2021). Change in the phase composition of low-quality bauxites as a result of chemical activation. 67-75. 10.31643/2021.10.
38. Abdulvaliyev, R.A. & S.B., Dyussenova & A.I., Manapova & Akcil, Ata & U.Zh, Beisenbiyeva. (2021). Modification of the phase composition of low-grade gibbsite-kaolinite bauxites. 2. 94-102. 10.31643/2021/6445.22.
39. Akcil, Ata & Agcasulu, Ismail & Swain, Basudev. (2019). Valorization of Waste LCD and Recovery of Critical Raw Material for Circular Economy: A review. Resources Conservation and Recycling. 149. 1-45. 10.1016/j.resconrec.2019.06.031.
40. Meyirbekov, MN, Ismailov, MB, Manko, TA, Kozis, KV Study of the influence of rubber on strength properties of carbon plastic // Space Sci. & Technol. 2022, 28(5):67-74. <https://doi.org/10.15407/knt2022.05>
41. Морозов, В.И. Разработка и применение отражающих конструкций энергоэффективных зданий нового поколения / В.И. Морозов, Ю.В. Пухаренко // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – №5. – С. 320-322.
42. Кроков А.Р., Смурова Н.Ю. Малоэтажное жилище для массовой застройки // Жилищное строительство. – 2012. – № 4. – С. 38-42.
43. Kharun M., Svintsov A. Polystyrene concrete as the structural thermal insulating material // International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES. – 2017. - № 4. – P. 40-45. 10.21833/ijaas.2017.010.007.
44. Селяев В.П. Теплоизоляционные материалы и изделия на основе вакуумированных дисперсных порошков микрокремнезема и диатомита: монография / Селяев В.П., Неверов В.А., Осипов А.К. [и др.] – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – 220 с.
45. Васенков Е.В., Молодин В.В. Одностадийная технология изготовления полистирол-бетонных изделий // Международная конференция «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций». – Томск, 2019. – С. 620-621.

46. Чиненко Ю.В. Модифицированный полистиролбетон в ограждающих конструкциях зданий и инженерных сооружений / Ю.В. Чиненков, В.Н. Ярмаковский // Строительные материалы. – 2004. – № 4. – С. 13-17.
47. Ярмаковский В.Н., Семенов П.Н., Родевич В.В., Юдин И.В. Полифункциональные легкие бетоны для ресурсоэнергосберегающего индустриального домостроения // «Строительные материалы». – № 4. – 2012. – С. 4-11.
48. Лукутцова Н.П., Цыкин А.А., Соболева Г.Н., Александрова М.Н., Головин С.Н. Структура и свойства полистиролбетона с силикатными пастами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2017. №11. – С. 25-33.
49. Касумов А.Ш., Величко Е.Г. Разработка рациональных параметров компонентов состава пенобетона // Строительные материалы. – 2016. – №8. – С. 52-55.
50. Пат. 2471753 Российская Федерация, МПК⁸ C04B 38/10 (2006.01). Сырьевая смесь для получения пенобетона / Федосов С.В., Малий И.А., Ветошкин А.А., Акулова М.В., Потемкина О.В., Щепочкина Ю.А., Емелин В.Ю.; заявитель и патентообладатель – Ивановский ин-т Государственной противопожарной службы. – №2011131595/03; заявл. 27.07.2011; опубл. 10.01.2013 Бюл. №1. – 3 с.
51. Пухаренко Ю.В. Влияние армирующих волокон на формирование структуры ячеистых бетонов в раннем возрасте / Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.Д. Старов // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – №3. – С. 154-158.
52. Пухаренко Ю.В. Влияние состава сырьевой смеси на усадку неавтоклавного фибробетона / Ю.В. Пухаренко, С.А. Червко, И.О. Суворов // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – №3. – С. 109-112.
53. Пухаренко Ю.В. Прочность и долговечность ячеистого фибробетона / Ю.В. Пухаренко // Строительные материалы. – 2004. – №12. – С. 40-41.
54. Ерофеев В.Т. Ячеистые и поризованные бетоны на основе боя стекла / В.Т. Ерофеев, В.В. Бредихин, А.Д. Богатов, С.Н. Богатова // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – № 1(46). – С. 104-111.
55. Ерофеев В.Т. Безавтоклавные легкие бетоны на основе вазушек из боя стекла / В.Т. Ерофеев, С.Н. Богатова, А.Д. Богатов // Сборник «Инновационные направления учебно-методической и научной деятельности кафедр материаловедения и технологий конструкционных материалов». – 2012. – С. 55-61.
56. Богатова С.Н. Ячеистые и поризованные бетоны на основе отходов стекла: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / Богатова Светлана Николаевна. – Саранск, 2010. – 21 с.
57. Федосов С. В. Основные принципы технологии получения теплоизоляционного пеностекла, подходы к моделированию / С.В. Федосов, М.О. Баканов, Н.В. Никишов // Сборник «Эффективные строительные композиции». Научно-практ. конф. к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора техн. наук Баженова Ю.М. – Белгородский государственный технический университет им. В.Г. Шухова. – 2015. – С. 690-699.
58. Береговой В.А. Опаловые породы в технологии пористой керамики для ограждающих конструкций зданий / В.А. Береговой, Д.С. Костин, Е.В. Королев, А.М. Береговой, Г.Д. Ларина // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – №3. – С. 33-37.
59. Королев Е.В. Использование показателя теплопроводности при проектировании пенокармбетона на основе опалкостабилитовых пород / Е.В. Королев, В.А. Береговой, Д.С. Костин, А.М. Береговой // Вестник МГСУ. – 2012. – №3. – С. 90-95.
60. Энергоэффективные строительные материалы: учеб.-метод. пособие / В.А. Береговой. – Пенза: ППУАС, 2014. – 52 с.
61. Завадский В.Ф. Варианты стеновых конструкций с применением новых эффективных утеплителей: Учебн. пособие. – Новосибирск: НГАСУ, 2000. – 168 с.
62. Komiya S. Evaluation of Thermal Performance of Residential Building Envelope // Procedia Engineering. – 2015. – №117. – Р. 191 – 196.
63. Ожигибеов Ю.П. Теплые стеновые панели и блоки для второго этажа новых тепло-технических норм в существующей металлооснастке // Строительные материалы. – 2000. – № 2. – С. 12-14.
64. Савилова Г.Н. «Теплый дом» – основные аспекты качества системы теплоизоляции / Г.Н. Савилова, Л.М. Омеляченко, М.Б. Катлан // Строит. материалы. – 2003. – № 4. – С. 40-42.
65. Krzysztof G. Evaluation of the condition of the external layer of walls in the national technological system "S-Sz" (Szczecin System) of large-panel prefabricated construction // MATEC Web of Conferences. – 2019. – №284. – Р. 1-13.
66. Karlov V., Kobelev E. Analysis of efficiency of three-layer wall panels with a discrete core // Architecture and Engineering. – 2022. – Vol. 7, №1. – Р. 16-22.
67. Матехина О.В., Осипов Ю.К. Обобщенная теоретическая модель тепловой защиты жилых зданий с помощью наружных ограждающих конструкций // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2015. – №1 (11). – С. 50-55.
68. Мухтарова А.Р. Технология теплоизоляционных и акустических материалов: учебное пособие / А.Р. Мухтарова, Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасанин. – Казань: КНИТУ. – 2019. – 84 с.
69. Шиян Е.И., Торопова К.К. Состояние и тенденции рынка теплоизоляционных материалов // Экономика и социум. – 2015. – № 1-4 (14). – С. 1355-1358.
70. Kenzhaliyev, B. & Surkova, T. & Ainur, Berkinbayeva & Dossymbayeva, Z. & Yesimova, D. & Abdikerim, B. (2021). On methods of modifying natural minerals. 128-133. 10.31643/2021.20.
71. Теплоизоляция. Материалы, конструкции, технологии: Справочное пособие / Гл. ред. С.М. Кочергин. – М.: Стройинформ, 2008. – 440 с.
72. Anisimova E.Yu. Building thermal regime Modeling // Procedia Engineering. – 2017. – № 206. – Р. 795-799.
73. Clarice Bleil de Souza. Studies into the use of building thermal physics to inform design decision making // Automation in Construction. – 2013. – №30. – С. 91-93.
74. Брежнева Н.И. Особенности применения фольгированных материалов как теплоотражающей изоляции / Н.И. Брежнева, Г.А. Зимакова, Ю.Ф. Лазарева (Ю.Ф. Панченко) // Сборник материалов научно-практической конференции «Энергосберегающие технологии, оборудование и материалы при строительстве объектов в Западной Сибири» – Тюмень: ИПЦ «Экспресс». – 2005. – С. 22-25.
75. Nellis G, Klein S. Heat transfer. Cambridge university press; 2008 Dec 22. – Р. 278-281.
76. Малавина Е.Г. Строительная теплофизика: учебное пособие / Е.Г. Малавина. – М.: МГСУ, 2011. – 152 с.
77. Панченко Ю.Ф., Зимакова Г.А., Степанов О.А., Панченко Д.А. Теплоизолирующее покрытие на основе жидкой фольги и полых микросфер // Construction materials. 2012. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teploizoliruyushchee-pokrytie-na-osnove-zhidkoy-folgi-i-polyh-mikrosfer>. 27.11.2023.

78. Заявка на изобретение 93052300 МПК³¹ C04B26/14, C04B14/24, C04B24/12, C09D163/00 Вещество для теплоизоляционного покрытия трубопроводов / И.Б. Дубин, А.П. Газин, И.И. Лаптев, М.Н. Мансуров, Э.И. Саркисов., заявл. 20.04.90; опубл. 07.05.93. – 1 с.
79. Пат. 2039070 Российская Федерация, МПК³¹ C09D 183/04, C09D 5/18, B05B 1/38. Способ получения огнестойкого покрытия / И.С. Елифановский, Ю.И. Димитренко, Ю.В. Полежаев, Ю.В. Мельцев, Д.С. Михайлий, заявитель и патентообладатель: И.С. Елифановский - № 93027483/05; заявл. 18.05.1993; опубл. 09.07.1995. – 2 с.
80. Пат. 2220988 Российская Федерация, МПК³¹ C08L 9/08, C08L 61/24. Теплоизоляционная композиция / А.М. Сычев, О.В. Зырянов, заявитель и патентообладатель: А.М. Сычев, О.В. Зырянов - № 2002105442/04; заявл. 28.02.2002; опубл. 10.01.2004, Бюл. №1, – 2 с.
81. Пат. 2206550 Российская Федерация, МПК³¹ C04B 41/48, C09D 109/00, E04B 1/76. Жидкое теплоизоляционное покрытие / Е.В. Основин, заявитель и патентообладатель: Е.В. Основин - № 2001115852/03, заявл. 14.06.2001; опубл. 20.06.2003, Бюл. №17, – 2 с.
82. Пат. 2342415 Российская Федерация, МПК³¹ C09D 183/00, C09D 5/02. Покрытие жидкокерамическое изоляционное / Н.В. Мотрицал; заявитель и патентообладатель: Н.В. Мотрицал - № 2007125899/04; заявл. 10.07.2007; опубл. 27.12.2008, Бюл. №36, – 8 с.
83. Пат. 2251563 Российская Федерация, МПК³¹ C09D 5/02, C09D 5/08. Антикоррозийное и теплоизоляционное покрытие на основе полых микросфер / В.С. Беляев, заявитель и патентообладатель: В.С. Беляев. – №2003112108/04; заявл. 24.04.93; опубл. 10.05.95. – 3 с.
84. Пат. 2304156 Российская Федерация, МПК³¹ C09D 5/02, C09D 183/04, C09D 5/08. Водная композиция, наполненная полыми микросферами, для получения антикоррозийного и теплоизоляционного покрытия и способы получения покрытия на его основе / В.С. Беляев, заявитель и патентообладатель: В.С. Беляев - №2005134980/04; заявл. 11.11.2005; опубл. 10.08.2007, Бюл. №22, – 8 с.
85. Пат. 2318782 Российская Федерация, МПК³¹ C04B 111/20, C09D 5/02, C09D 1/02, C09D 109/00, C04B 7/00, C08K 7/20. Теплоизоляционное покрытие / Е.Б. Брянец, заявитель и патентообладатель: Е.Б. Брянец - №2006119199/04; заявл. 02.06.2006; опубл. 10.03.2008, Бюл. №7, – 9 с.
86. Пат. 2400506 Российская Федерация, МПК³¹ C09D 1/00, C08K 7/22. Теплозащитная композиция / Р.Х. Фатхутдинов, В.А. Маслов, С.А. Хафизова, заявитель и патентообладатель: ОАО «Казанский химический научно-исследовательский институт» - № 2009137667/04; заявл. 12.10.2009; опубл. 27.09.2010, Бюл. №27 – 5 с.
87. Пат. 102021 Российская Федерация, МПК³¹ E04B 1/74. Теплоизоляционное покрытие / Г.Н. Якунин, И.П. Прокопьев, В.В. Бураков, заявитель и патентообладатель: Г.Н. Якунин, И.П. Прокопьев, В.В. Бураков - № 2010122173/03; заявл. 31.05.2010; опубл. 10.02.2011, Бюл. №4 – 2 с.
88. Пат. 133546 Российская Федерация, МПК³¹ E04B 1/76. Теплоизоляционное покрытие / В.А. Рыженков, Н.А. Логина, А.И. Бычков, заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»» - № 2013115056/03; заявл. 04.04.2013, опубл. 20.10.2013, Бюл. №29, – 2 с.
89. Пат. 101466 Российская Федерация, МПК³¹ E04B 1/76, C09D 5/08, B2C 3/00. Теплоизоляционное покрытие / В.А. Рыженков, А.П. Кондратьев, А.Ф. Прищепов, Н.А. Логина, заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»» - №2010137388/03; заявл. 09.09.2010; опубл. 20.01.2011, Бюл. №2 – 2 с.
90. Севостьянова И.М., Субботина Е.К., Иванова Е.Р., Амзаракова П.А., Лукина Л.А. Анализ краски как классического строительного материала // Московский экономический журнал. – 2019. – №7. – С. 385-392.
91. Логанина В.И. Известковые составы для реставрации и отделки зданий и сооружений / В.И. Логанина, О.А. Давыдова, О.В. Карпова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – №4. – С. 280-283.
92. Iscep, A., Forero-Martinez, N.C., Valsdon, O., & Kremer, K. (2021). Acrylic Paints: An Atomistic View of Polymer Structure and Effects of Environmental Pollutants. The journal of physical chemistry. B, 125(38), 10854–10865. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcb.1c05188>
93. Инин А.Е. Разработка составов теплоизоляционных покрытий на основе тонкодисперсных минеральных наполнителей: автореф. дис. канд. техн. наук. – Пенза, 2016. – 24 с.
94. Завьялова Н.Б. Исследование влияния природы наполнителей на прочностные свойства гетерофазных полимерных составов / Н.Б. Завьялова, В.Ф. Строганов, И.В. Строганов, А.С. Ахметшин // Известия КГАСУ. – 2007. – №1. – С. 63-66.
95. Акулова М.В. Разработка шпакатурных составов повышенной теплоустойчивости / М.В. Акулова, А.Н. Коллеров, О.В. Потемкина // Вестник МГСУ. – 2013. – №2. – С. 88-93.
96. Хабидуллин Ю.Х., Барышева О.Б. Разработка теплоизолирующих покрытий и методики определения их теплофизических свойств // Известия КГАСУ, 2015, №3 (33). – С. 245-249.
97. Parisa Niazi, Mehdi Karevan, Mahdi Javanbakht, Mechanical and thermal insulation performance of hollow glass microsphere (HGMS)/fumed silica/polyester microcomposite coating. Progress in Organic Coatings, Volume 176, 2023, 107387, ISSN 0300-9440, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107387>.
98. Пат. 2455253 Российская Федерация, МПК³¹ C04B28/26, C04B38/00, C04B111/40. Способ получения конструкционно-теплоизоляционного строительного материала на основе алюмосиликатных микросфер. / Бессонов И.В., Сапелин А.Н., Кордюков Н.П.; заявитель и патентообладатель ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук». – №2011107564/03; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.07.2012, Бюл. №19, – 3 с.
99. Пат. 2162871 Российская Федерация, МПК³¹ C 09 D 123/34, 1/02, 5/18. Состав для теплозащитных покрытий / Костиков С.В., Назаренко В.А., Реутов О.С., Симakov С.Ф.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Спецэнерготехника». – № 9811208/04; заявл. 11.06.1998; опубл. 10.02.2001 – 4 с.
100. Пат. 2527997 Российская Федерация, МПК³¹ C09D5/18, C09D5/02. Состав для теплозащитных покрытий / Емельянова О.Н., Прохоров Г.О., Кудрявцева Е.П. и др.; заявитель и патентообладатель Научно-исследовательский институт химических реактивов и особо чистых химических веществ. – №2012137057/05; заявл. 30.08.2012; опубл. 10.03.2014, Бюл. №7, – 1 с.

101. Рыженков В.А. О влиянии структурированного тонкопленочного теплоизоляционного покрытия на термическое сопротивление теплопроводов // Энергобережение и водоподготовка. – 2010. – №5. – С. 58-59.
102. Пат. 2451871 Российская Федерация, МПК³ F16L 59/00. Способ теплоизоляции трубопроводов и оборудования / Рыженков В.А., Кондратьев А.П., Прищепков А.Ф., Логина Н.А.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». – №2012146835/06; заявл. 02.11.2012; опублик. 27.11.2013 Бюл. №33. – 5 с.
103. Пат. 2482146 Российская Федерация, МПК³ C09D5/00 C09D1/00 Высокотемпературное теплозащитное покрытие / Ю.А. Григорьев патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ОВК-Россия». – №2011136161/05; заявл. 31.08.2011; опублик. 10.03.2013 Бюл. №7. – 1 с.
104. Azimov R.K., Abdurakhmonov A.A., Talipov A.R., Makhmudov M.M. Investigation of thermophysical properties and characteristics of dispersed materials based on experiment planning methods // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – №7-8. – Р. 11-16.
105. Селяев В.П. Фрактальность наноразмерной структуры природных дитомитов / В.П. Селяев, В.А. Неверов, Л.И. Куприяшкينا // Известия вузов. Строительство. – 2013. – №5. – С. 16-22.
106. Селяев В.П., Нурлыбаев Р.Е., Киселев Н.Н., Ляскин О.В., Сангулова И.Б. Н. Оптимизация состава наполнителя вакуумных изоляционных панелей на основе Ко-насил-200 // Вестник КазГАСУ. ISSN 1680-080X. 2019. – №2(72). – С. 169-175.
107. ГОСТ 10587-84. Смола эпоксидно-диановые не отвержденные. Технические условия // Электронный ресурс <https://yato-tools.ru/vaznos-2/smola-epoksidnaya-ed-20-gost-10587-84-smolya-epoksidno-dianovye-neotverzhdenyye-tekhnicheskie-usloviya-s-izmeneniem-n-1-sporravkoj.html>
108. ТУ 2257-247-18826195-07 [Электронный ресурс] // URL: <http://www.epital.ru/infu/html.05.10.23>.
109. Нурлыбаев Р.Е. Жалуткізбейтін материалдар өндірісінде қолдану үшін диатомит негізінде нанодисперсті материалдарды алудан ғылыми қағидаларын қаірлеу: автореф. 0616РК00010 – Алматы, 2015. – 35с.
110. ТУ 2257-3570-18826195-03 [Электронный ресурс] // <https://www.epital.ru/yacht/etal1440i.html>. 27.11.2023.
111. ТУ 2257-045-18826195-01 [Электронный ресурс] // <https://www.epital.ru/hardenetes/etal45m.html>. 27.11.2023.
112. ТУ 2413-357-00203447-99 [Электронный ресурс] // <https://www.epital.ru/hardenetes/pera.html>. 27.11.2023.
113. Доффа реакция – Меді // Химическая энциклопедия в 5 томах. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 1990. – Т. 2. – 671 с.
114. [Электронный ресурс] // <https://old.bigene.ru/chemistry/text/1890805>
115. Sangulova I.B., Selyaev V.P., Kuldeev E.I., Nurylbaev R.E., Orynbekov Ye.S. Assessment of the influence of the structural characteristics of granular systems of microsilicon on the properties of thermal insulation materials // Комплексное Использование Минерального Сырья. №1 (320), 2022 ISSN-L 2616-6445, ISSN 2224-5243. P. 5-14. DOI: 10.31643/2022/6445.01
116. Селяев В.П., Нурлыбаев Р.Е., Сангулова И.Б., Ляскин О.В., Келуткина Е.Л. Оптимизация технологических режимов синтеза диоксида кремния с размером частиц в нанометровом диапазоне // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. № 4(12) (2019) – РИНЦ. ISSN 2542-114X. С.102-110. DOI: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2019.4.102>
117. ГОСТ 11262-2017. Пластмассы. Метод испытания на растяжение / Введ. 01-10-2018. – М.: Стандартинформ, 2017. – 4 с.
118. ГОСТ 8420-2022. Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости / Введ. 01-03-2023. – М.: Российский институт стандартизации, 2017. – 2 с.
119. Анализ декоративных характеристик эпоксиретановых покрытий, работающих в условиях воздействия ультрафиолетового облучения / Т.А. Низина, А.Н. Зимин, В.П. Селяев, Д.Р. Низин // Известия КазГАСУ. – 2011. – №3. – С. 139-144.
120. Низина Т.А. Влияние наполнителей на изменение декоративных характеристик эпоксиретановых покрытий под действием ультрафиолетового облучения / Т.А. Низина, А.Н. Зимин, Д.Р. Низин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова [Белгород]. – 2012. – №1. – С. 6-10.
121. Моделирование влияния актинометрических параметров на изменение декоративных характеристик эпоксидных композитов, экспонированных в натуральных условиях / Т.А. Низина, В.П. Селяев, Д.Р. Низин, А.Н. Чернов // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – №2. – С. 27-36.
122. Бабенко Ф.И. Механизм разрушения и прочность конструкционных пластмасс в холодном климате с учетом старения / Ф.И. Бабенко, А.А. Герасимов // Наука и образование. – Якутск, 2006. – №1. – С. 84-87.
123. ГОСТ 33355-2015. Материалы лакокрасочные. Определение характеристик паропроницаемости. Метод чашки / Введ. 01-03-2016. – М.: Стандартинформ, 2015. – 3 с.
124. ГОСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002). Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва / Введ. 01-08-2014. – М.: Стандартинформ, 2014. – 3 с.
125. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме / Введ. 01-04-2000. – МНТКС, 2000. – 6 с.
126. Анисимов М.В., Рекунов В.С. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности сверхтонких жидких композиционных теплоизолирующих покрытий // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – № 9. – С. 15-22.
127. Манешев И.О., Правник Ю.И., Садыков Р.А., Сафин И.А. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности и эффективности сверхтонких теплоизоляционных покрытий // Известия КГАСУ. – 2013. – №1. – С. 135-142.
128. Павлов М.В., Карпов Д.Ф., Синицын А.А., Миушкин Н.В. Определение коэффициента теплопроводности жидкой тепловой изоляции в лабораторных условиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – №37. – С. 79-86.
129. ГОСТ 31975-2017. Материалы лакокрасочные. Метод определения блеска лакокрасочных покрытий под углом 20°, 60° и 85° / Введ. 01-07-2018. – М.: Стандартинформ, 2017. – 3 с.

130. ГОСТ 9.032-74. Покрyтия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения / Введ. 01-07-75. – МКС 25.220.60, 75. – 3 с.
131. Zhumadilova, Z.O.; Selyaev, V.P.; Nurybayev, R.E.; Kuldeyev, E.L.; Sangulova I.B. Prediction of Durability of Thermal Insulating Epoxy Coatings with Regard to Climatic Ageing // *Polymers* 2022, Volume 14, Issue 9, 1650. E-ISSN:2073-4360. P.1-14 <https://doi.org/10.3390/polym14091650>.
132. Пустовгар А.П. Эффективность применения активированных диатомитов в сухих строительных смесях // «Строительные материалы», октябрь 2006 г.
133. Сангулова И.Б. Микрокремнеземнің құрылыста қолдануы аясында дамуы // *Вестник КазНУ*. ISSN 1680-9211. – 2019. – №4(134). – С. 344-348.
134. Гладков С.О. ГазокINETическая модель теплопроводности гетерогенных веществ // *ЖТФ*. – 2008. – Т.78, № 7. – С. 12-15.
135. Verma, Manuj & Priyadarshi, Amit & Verma, Saurabh. (2023). Fractal Dimension for a Class of Complex-Valued Fractal Interpolation Functions. *10.1007/978-981-99-0597-3_6*.
136. Низина Т. А. Защитно-декоративные покрытия на основе эпоксидных и акриловых связующих. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 260 с.
137. Влияние цвета эпоксидных композитов на изменение колориметрических характеристик в процессе натурального экспонирования / Т.А. Низина, А.Н. Чернов, Д.Р. Низин, А.И. Попова // *Вестник МГСУ*. – 2016. – №7. – С. 67-80.
138. Статистический анализ цветовой составляющих лакокрасочных покрытий / В.П. Селяев, Т.А. Низина, Н.О. Зубанкова, Ю.А. Ланкина // *Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2006610820* от 28.02.2006 г. в Роспатенте по заявке №2005613472 от 29.12.2005 г.
139. Orynbekov, Yelzhan S. Zhumadilova, Zhanar O. Selyaev, Vladimir P., Sangulova Indira B. The influence of climatic factors on the change in the elastic-strength indicators of epoxy polymers binders used in liquid thermal insulation coatings // *Зарубежная конференция «The 2021 Southern Brazilian journal of chemistry conference»*. Porto Alegre, RS, Brasil, March 18-19, 2022, E-ISSN 2764-5959, №30, С.44-53.
140. M.G. Gonzalez, J.C. Cabanelas, J. Baselga, Applications of FTIR on epoxy resin identification, monitoring the curing process, phase separation and water uptake, *Infrared Spectr. Mater. Sci. Eng. Technol.* 2 (2012) 261–284.
141. G. Nikolic, S. Zlatkovic, M. Cakic, S. Cakic, C. Lacnjevac, Z. Rajic, Fast fourier transform IR characterization of epoxy GY systems crosslinked with aliphatic and cycloaliphatic EH polyamine adducts, *Sensors* 10 (2010) 684–696.
142. S.T. Cholake, M.R. Mada, R.K.S. Raman, Y. Bai, X.L. Zhao, S. Rizkalla, S. Bandyopadhyay, Quantitative analysis of curing mechanisms of epoxy resin by mid-and near-fourier transform infra red spectroscopy, *Defence Sci. J.* 64 (3) (2014) 314.
143. B. Bolasodun, O. Rufai, S. Duwayiye, Infrared studies of curing of araldite DLS 772/4 4'DDS and araldite LY 5052/4 4'DDS epoxy systems using conventional and microwave energy, *Int. J. Eng. Sci.* 3 (1) (2014) 11–23.
144. O. Zabih, M. Aghaie, H. Aghaie, K. Zare, Y. Saghapour, Description of phenomenological process during thermal formation of an epoxy system in presence of metal nanoparticles using advanced kinetics analysis, *J. Therm. Anal. Calorim.* 117 (2014) 53–61.
145. M. Shivashankar, B.K. Mandal, A review on interpenetrating polymer network, *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.* 4 (5) (2012) 1–7

146. P. Kompoziti Oja, A. Nanosiliko, Nanosilica-reinforced polymer composites, *Mater. Technol.* 47 (2013) 285–293.
147. G. Ragosta, M. Abbate, P. Musto, G. Scarinzi, L. Mascia, Epoxy-silica particulate nanocomposites: chemical interactions, reinforcement and fracture toughness, *Polymer* 46 (2005) 10506–10516.
148. T. Jiang, T. Kuila, N.H. Kim, B.C.I. Ku, J.H. Lee, Enhanced mechanical properties of silanized silica nanoparticle attached graphene oxide/epoxy composites, *Compos. Sci. Technol.* 79 (2013) 115–125.
149. J. Macan, I. Brnardic, S. Orlic, H. Ivankovic, M. Ivankovic, Thermal degradation of epoxy-silica organic-inorganic hybrid materials, *Polym. Degrad. Stabil.* 91 (2006) 122–127.
150. X. Zhang, Y. Wu, X. Chen, H. Wen, S. Xiao, Theoretical study on decomposition mechanism of insulating epoxy resin cured by anhydride, *Polymers* 9 (2017) 341.
151. Естигнеева В.М., Лазарев А.Л., Сангулова И.Б. Характер напряженно-деформированного состояния армированных изгибаемых клееных деревянных элементов // *Огарёв-Online*. <https://cyberleninka.ru/article/n/harakter-napryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-armirovannyh-izgibaemyh-kleenyh-derevyannyh-elementov>. № 3 (140), (2020) с.7.
152. Селяев В.П., Нурлыбаев Р.Е., Кечуткина Е.Л., Сангулова И.Б. Оптимизация составов теплоизоляционных покрытий на основе водной дисперсии полимерных вяжущих // *Научно-практический журнал «Эксперт: теория и практика»*. – Тольятти, 2021. – №4(13). – С. 23-28.
153. R.E. Nurybayev, M.T. Zhuginisov, Zh.O. Zhumadilova, Ye.S. Orynbekov, E.E. Khamza, Sangulova I.B. Investigation of the effect of diatomite and bentonite clays on the properties of local loam-based products // *Вестник КазНУ*. 2021, №4 С.180-195 <https://doi.org/10.51301/vest.su.2021.i4.23>.
154. Селяев В.П., Нурлыбаев Р.Е., Киселев Н.Н., Лискин О.В., Сангулова И.Б. Диаграммы деформирования при сжатии и сдвиге вакуумных теплоизоляционных панелей // *Труды Сатпаевских чтений. Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК*. – Том I. – Алматы, 2019. – С. 1038-1043.
155. Смола эпоксидная ЭД-20. Электронный ресурс URL: <https://rgs-companu.kz/pl03702302-smola-epoksidnaya.html>
156. Заливочный эпоксидный компаунд Этал-1440Н. Электронный ресурс URL: <https://www.epital.ru/mold/e1440.html>
157. 1-БУТАНОЛ "ЧДА" Электронный ресурс URL: <https://himoil.kz/collection/rastvoriteli/product/1-butanol-2>
158. Крошка пенотомитовая КПЮ. Электронный ресурс URL: <https://satu.kz/p3230459-kroska-penotomitovaya-kpdo-h9l/?&primelead=OTg&activateLowProsale=1>
159. Теплоизоляционное полимерное покрытие АСТРАТЕК НГ. Электронный ресурс URL: <https://almaty.satu.kz/p85595389-deploizolyatsionnoe-polimernoe-pokrytie.html?&primelead=MjJ>

Ғылыми басылым

Индира Беркинбаевна Ташмуханбетова

**ЖҰҚАДИСПЕРСТІ МИНЕРАЛДЫ
ТҮЙІРШІКТІ ЖҮЙЕЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ
СҮЙЫҚ ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ЖАБЫНДАР**

Монография

Компьютерде беттеген М.А. Ибрашева
Редактор А.Е. Есімханова

Пішімі 60x84 1/16. Қағазы офсеттік.
ІІІ б.т. 6,00. Е.-б.т. 6,18.
№766 тапсырыс.

Халықаралық білім беру корпорациясының басылымы
«Құрылыс және сәулет» баспасынан шыққан
050043, Алматы қ., Қ. Рысқұлбеков к-сі, 28