

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

ӘОЖ 536.212.3

Қолжазба құқығында

**ТАШМУХАНБЕТОВА ИНДИРА БЕРКИНБАЕВНА**

**Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізіндегі сұйық  
жылуоқшаулағыш жабындар**

6D071000 – Материалтану және жаңа материалдар технологиясы

Философия докторы (PhD)  
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер:  
PhD, Нурлыбаев Р.Е.  
ТОО «SAVENERGY» директоры,  
Қазақстан Республикасы, Алматы

техника ғылымдарының докторы,  
профессор, Селяев В.П.  
Н.П. Огарев атындағы «МҰУ»,  
Мордовия, Саранск

Қазақстан Республикасы,  
Алматы, 2024

## МАЗМҰНЫ

<b>НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР .....</b>	<b>4</b>
<b>АНЫҚТАМАЛАР .....</b>	<b>5</b>
<b>БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР .....</b>	<b>6</b>
<b>КІРІСПЕ .....</b>	<b>7</b>
<b>1 ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ҚАСИЕТТЕРІ БАР КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДЫ АЛУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ПРИНЦИПТЕРІН ӘЗІРЛЕУГЕ ШОЛУ .....</b>	<b>15</b>
1.1 Жылуоқшаулағыш материалдар және түрлері, жіктелуі мен қасиеттері .....	15
1.2 Отандық нарықтағы заманауи жылуоқшаулағыш материалдарға аналитикалық шолу .....	18
1.3 Жылуоқшаулағыш композициялық жабындарды әзірлеудің теориялық және практикалық негіздері .....	23
1.4 Жылуоқшаулағыш жабындарды жасауға арналған полимерлі дисперсиялар .....	27
1.5 Жылуоқшаулағыш материалдарды өндіруге арналған жұқадисперсті минералды толтырғыштар .....	30
Бірінші тарау бойынша тұжырым .....	32
<b>2 МАТЕРИАЛДАР, ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ ...</b>	<b>34</b>
2.1 Жылуоқшаулағыш жабын алуға арналған материалдар мен компоненттер .....	34
2.2 Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелерді талдаудың физика-химиялық әдістері .....	36
2.2.1 Микрокремнезем бөлшектерінің гранулометриясы .....	36
2.2.2 Микрокремнезем бетінің құрылымын анықтау .....	37
2.2.3 Жұқадисперсті толтырғыш ұнтақтардың құрылымдық сипаттамаларын анықтау және бағалау .....	37
2.2.4 Фракталдық жылу беру моделін талдау .....	39
2.3 Эпоксидті шайырдың қатаю процедурасы және үлгілерді дайындау әдісі .....	42
2.4 Эпоксидті шайыр мен қатайтқыш түрлерін салыстырмалы тұтқырлық және серпімділік-беріктік қасиеттерін анықтау барысында таңдау негіздемесі .....	43
2.5 Жылуоқшаулағыш жабындарға табиғи климаттық сынақтар жүргізу әдістемесі .....	43
2.5.1 Түс сипаттамаларының өзгеруін анықтау .....	44
2.6 Эпоксидті-микрокремнеземді композиттерді алу .....	46
2.7 Алынған эпоксидті-микрокремнеземді композит бетінің морфологиясын талдау және толтырғыштың оңтайлы қатынасын анықтау .....	47
2.7.1 Сканерлеуші электронды микроскопия .....	47
2.7.2 Жабындардың термиялық қасиеттері .....	47
2.8 Кеуектілікті анықтау .....	47
2.9 Бу өткізгіштігін анықтау .....	48

2.10 Адгезиялық беріктігін анықтау .....	49
2.11 Жылу өткізгіштік коэффициентін және жылу кедергісін анықтау.....	50
2.12 Жылтырлық дәрежесін анықтау .....	56
Екінші тарау бойынша тұжырым .....	57
<b>3 ЖҰҚАДИСПЕРСТІ МИНЕРАЛДЫ ТҮЙІРШІКТІ ЖҮЙЕЛЕР НЕГІЗІНДЕ ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ЖАБЫНДАРДЫ СИНТЕЗДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ .....</b>	<b>58</b>
3.1 Толтырылған полимерлі байланыстырғыштардың жылу өткізгіштігіне әсер ететін негізгі құрылымдық параметрлерді анықтау .....	58
3.2 Эпоксидті шайырды пластификатормен модификациялау және қатайтқыш түрін таңдау .....	69
3.3 Оқшаулағыш жабын алу үшін байланыстырғыштың оңтайлы маркасын анықтау мақсатында эпоксидті шайыр композиттерінің табиғи климаттық факторлар әсеріне түс беріктігін анықтау.....	73
3.4 Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде полимерлі жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеу .....	81
Үшінші тарау бойынша тұжырым.....	88
<b>4 АЛЫНҒАН ЖАБЫНДАР ҚАСИЕТІНІҢ ҰЗАҚМЕРЗІМДІЛІГІ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ .....</b>	<b>89</b>
4.1 Әр түрлі беттерде қалыптасқан жабын материалының қасиеттерін анықтау нәтижелері .....	89
4.2 Эпоксидті шайыр негізіндегі жабындардың ұзақмерзімділігі.....	90
4.3 Жұқадисперсті минералды жүйелер негізінде сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың жылу өткізгіштігіне әсер ететін негізгі құрылымдық параметрлерді анықтау .....	91
4.4 Жылуоқшаулағыш жабындар өндірісінің болжамды техникалық-экономикалық көрсеткіштері.....	94
Төртінші тарау бойынша тұжырым .....	96
<b>ҚОРЫТЫНДЫ.....</b>	<b>97</b>
<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ .....</b>	<b>101</b>
<b>ҚОСЫМША А – Зерттеу тақырыбы бойынша жарияланымдар тізімі.....</b>	<b>114</b>
<b>ҚОСЫМША Ә – Тәжірибелік-эксперименттік сынақ хаттамасы .....</b>	<b>116</b>
<b>ҚОСЫМША Б – Оқу процесіне енгізу актісі.....</b>	<b>118</b>
<b>ҚОСЫМША В – Өндірісте енгізу (қолдану) актісі.....</b>	<b>120</b>
<b>ҚОСЫМША Г – Аспаптар.....</b>	<b>122</b>

## НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі стандарттар және нормативтік құжаттарға сәйкес сілтемелер қолданылған:

ҚР ЕЖ 2.04-108-2014 «Оқшаулау және әрлеу жабындары»

ҚР ҚН 2.04-21-2004 «Азаматтық ғимараттардың энергия тұтынуы және жылу қорғанысы»

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 имараттардың өрт қауіпсіздігі»

МЕМСТ 10587-84 «Эпоксидті дианды қатайтылмаған 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

Осы диссертацияда келесі терминдер тиісті анықтамалармен қолданылған:

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 ультрадисперсті материал.
ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ (жылуды кедергіш)	– жылу беру процесін төмендететін және құрылымдағы негізгі жылу кедергісі рөлін атқаратын құрылымдық элементтер.
СҰЙЫҚ ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ЖАБЫН	– бу құбырларын, ыстық және суық суды, өнеркәсіптік жабдықты және тұрғын үй құрылыстарында жылуоқшаулағыш ретінде пайдалануға болатын жұқа дисперсті минералды толтырғыштардан тұратын жабын.
МИНЕРАЛДЫ ТОЛТЫРҒЫШТАР	– бөлшектерінің мөлшері 0,15 мм-ден аз және меншікті беті 2500-5000 см <sup>2</sup> /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

Бұл диссертациялық жұмыста белгілеулер мен қысқартулар қолданылған:

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

## КІРІСПЕ

### **Шешілуге бағытталған ғылыми немесе ғылыми-технологиялық проблемалардың заманауи деңгейін бағалау**

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 тұтынуды азайту арқылы да шешуге болатындығы айқын бола бастады. Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелерге негізделген жылуоқшаулағыш 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 жылуоқшаулағыш материалдарды пайдалану жөніндегі талаптарды ескере отырып, ғимараттарды салуға және қайта жаңартуға міндеттейді. Сондай-ақ, ҚР ЕЖ 2.04-108-2014 «Оқшаулау және әрлеу жабындары» [2] және ҚР ҚН 2.04-21-2004 «Азаматтық ғимараттардың энергия тұтынуы және жылу қорғанысы» [3] нормативтік құжаттарына сәйкес келтіру және дәстүрлі энергия тасымалдаушылардың 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 жылуоқшаулағыш жабындарды (СЖОЖ) әзірлеу [4,5]. Дәстүрлі жылуоқшаулағыш материалдар бірқатар кемшіліктерге ие: құрылымдарды коррозиядан қорғай алмауы, өртке төзімсіздігі, құрылыстағы конструкция элементтеріне қосымша жүктеме беруі және су өткізгіштігі ықтималдылығынан көгеруге төзімсіздігі – олардың жылуоқшаулағыш 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 жылуоқшаулағыш жабындардағы жылу өткізгіштік коэффициентінің төмен мәндеріне қуыс керамикалық және шыны микросфералардың максималды санын қосу арқылы қол жеткізіледі, бұл жалпы көлемнің 50%-ын құрайды. Алайда, осы қымбат микросфераларды пайдалану өзіндік құнның айтарлықтай өсуіне әкеледі және нәтижесінде өндірілетін өнімнің бәсекеге қабілеттілігін төмендетеді.

Пайдалану сипаттамаларын жоғалтпай микросфералардың 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 жылуоқшаулағыш материалдарды жасауға мүмкіндік береді [8-10]. Сондықтан микро және наноөлшемді жұқадисперсті минералды түйіршікті толтырғыштарды пайдалану микросфералардың шығынын едәуір азайтуға және СЖОЖ тиімді құрамдарын жасауға мүмкіндік береді.

Осылайша, жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде жылуоқшаулағыш жабындар саласындағы зерттеулер Қазақстандағы маңызды экологиялық және экономикалық проблемаларды шешу үшін практикалық маңызға ие және энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы заңда белгіленген нормативтерге сәйкес келуге көмектеседі.

### **Тақырыпты жасақтаудың негіздемесі және бастапқы деректері**

Сұйық жылуоқшаулағыш жабындар (СЖОЖ) – бұл энергияны үнемдеуді қамтамасыз ету үшін құбырлар, бетон және металл беттер, кірпіш және сылақ және т.б. сияқты әртүрлі беттерге қолдануға арналған арнайы материал. СЖОЖ-ның дәстүрлі жылуоқшаулағыш материалдардан асып түсетін басты артықшылықтарының бірі – олардың бірегей жылуоқшаулағыш қасиеттері болып табылады. СЖОЖ жасау үшін полимерлі дисперсияға негізделген байланыстырғыштар, шыны, керамикалық немесе алюмосиликат микросфералар, сондай-ақ микрокремнезем (МК), метакаолин, диатомит, ақ күйе, аэросил және т.с.с. микро және наноөлшемді ұнтақтар, сонымен бірге қатайтқыштар, пластификаторлар секілді қосымша материалдар негізіндегі әртүрлі компоненттер қолданылады.

Бұл материалдардың жылуоқшаулағыш қасиеттерін жақсартуға, жабынның салмағын азайтуға және жылу мен жарықтың шағылысуын арттыруға мүмкіндік беретін ерекше қасиеттері бар екені белгілі. Мысалы, кремний диоксидін пайдалану оның жоғары жылу өткізгіштігі арқылы жылуоқшаулағыш қасиеттерін жақсартуға, сондай-ақ механикалық беріктігін арттыруға мүмкіндік береді. Қаптаманың тығыздығы мен салмағын азайту және оның жылуоқшаулағыш қасиеттерін арттыру үшін керамикалық және шыны микросфералар қосылады. Алюмосиликат микросфералары жылу шағылыстырғыш қасиеттерін арттыру және жылу өткізгіштігін төмендету үшін қолданылады.

Табиғи құбылыстарды сынауға ғылыми негізделген тәсіл жылу өткізгіштік, тығыздық, беріктік және т.б. сияқты стандартты параметрлерді ғана емес, сонымен қатар жабындарға климаттық әсердің маусымдылығын да ескеруі керек. Бұл сынақтардың неғұрлым дәл және сенімді нәтижелерін алуға, сондай-ақ әртүрлі пайдалану жағдайларында СЖОЖ тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл тәсіл климаттық қолданудың оңтайлы шарттарын және олардың максималды тиімділігін анықтауға көмектеседі. Сұйық



жылуоқшаулағыш материалдар мен олардың жылу өткізгіштігін тікелей және жанама әдістермен бағалау бойынша жарияланымдар мен патенттерді сыни талдау нәтижесінде В. П. Селяев, А. К. Осипов, В. А. Неверов, О. Г. Маштаев, В. В. Сидоров, А. Е. Инин, Т. А. Низина, Н.А. Логинованың еңбектерінде қарастырылды.

Әдеби дереккөздерге жүргізілген талдау қазіргі уақытта сұйық жылуоқшаулағыш жабындар саласында жинақталған айтарлықтай эксперименттік материалға қарамастан, олардың қасиеттерін одан әрі жақсарту және оңтайландыру мүмкіндігі бар екенін көрсетеді. Әр түрлі қоспаларға негізделген жабындардың жылуоқшаулағыш қасиеттеріне әсерін талдауға және максималды тиімділікке жету үшін қолданудың жаңа әдістерін жасауға арналған жұмыстардың саны бұл мәселені түбегейлі шешу үшін жеткіліксіз. Сондай-ақ, СЖОЖ-ның төтенше жағдайларға төзімділігін бағалау үшін климаттық әсердің маусымдылығын ескеретін табиғи сынақтар жүргізу маңызды.

### **Ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізу қажеттілігін негіздеу**

Энергияны үнемдеу мәселесін шешу үшін көптеген елдерде полимерлі байланыстырғыштан және қуыс шыны немесе керамикалық микросфералардан тұратын сұйық жылуоқшаулағыш жабындар құрылыс индустриясында жылуоқшаулағыш материалдар арасында кең таралуда. СЖОЖ энергия үнемдеу сипаттамалары бойынша басқа материалдардан едәуір жоғары жылуоқшаулағыш қасиеттерге ие, құрылымдарды коррозиядан және қызып кетуден қорғайды, шіру мен көгерудің пайда болуына жол бермейді, ұзақ қызмет ету мерзіміне ие, күрделі конструкция элементтеріндегі қолжетімсіз жерлерді де оқшаулауға мүмкіндік береді, сонымен қатар эксплуатациялық жұмыстарды орындау кезінде еңбек шығындарын айтарлықтай төмендетеді.

### **Жасақтаманың жоспарланып отырған ғылыми-техникалық деңгейі туралы мәліметтер, патенттік зерттеулер және олардан қорытындылар**

Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеудің ғылыми-техникалық деңгейі материалтану және жаңа материалдар технологиясы саласындағы ғылыми-зерттеу жұмыстарына қойылатын талаптарға сәйкес келеді. Жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеу саласында әдеби шолу жүргізілді, зерттеулер мен талдаудың заманауи әдістері қолданылды, зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми жарияланымдармен расталған эксперименттердің нәтижелерін өңдеу жүргізілді.

Жылуоқшаулағыш жабынның жаңа құрамын жасақтау мәселесінің шешімі негізінен композицияны оңтайландыру болып табылады. СЖОЖ-ның сынақтарын ескере отырып, жарыққа төзімділік, ауа-райына төзімділік, химиялық төзімділік, жылуға төзімділік, пигменттің зиянсыздығы сияқты жоғары пайдалану сипаттамалары бар жергілікті жұқадисперсті минералды жүйелердің негізінде СЖОЖ-ның жаңа құрамдарын әзірлей отырып, келесі кезең – жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде сұйық жылуоқшаулағыш жабынның құрамдарын өнеркәсіптік өндіру технологиясын әзірлеу болып табылады.

Патенттік зерттеулер ҚР СТ МЕМСТ 15.011-2005 «Өнімді әзірлеу және өндіріске қою жүйесі. Патенттік зерттеулер. Мазмұны және өткізу тәртібі» бойынша патенттік зерттеулерге сәйкес орындалды. Патенттік зерттеулерді талдау кезінде жылуоқшаулағыш жабындармен тек Қазақстанда ғана емес, АҚШ-та, Ресейде, Қытайда және басқа елдерде де айналысатындығы, сондай-ақ бірқатар патенттелген жұмыстар бар екендігі анықталды. Сонымен қатар, пайдалану сипаттамалары жоғары, жергілікті жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелердің негізінде СЖОЖ алу технологиясы жоқ екені анықталды.

#### **Диссертацияны метрологиялық қамтамасыз ету туралы мәліметтер**

Зерттеу нәтижелерінің дәлдігін қамтамасыз ету үшін сертификатталған әдістер және сенімді аспаптар мен өлшеу құралдарының көмегімен жасалған заманауи талдау әдістері қолданылды. Функционалдық және графикалық тәуелділіктерде метрологиялық ережелер мен халықаралық СИ бірліктері жүйесінің нормаларына сәйкес келетін өлшем бірліктері қолданылды.

1. Талдаудың физика-химиялық әдістері «А.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институтының» АҚ полимерлердің синтезі және физико-химиясы зертханасында орындалды.

2. Полимерлі материалдардың үлгілерін табиғи экспозициялау сынақтары Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ мен «Мордовстройтест» ЖШС арасындағы қызмет көрсету шарты бойынша Н.П. Огарёва атындағы ММУ жанындағы құрылыс технологиялары мен сараптамалары және экологиялық-метеорологиялық мониторинг зертханалары негізіндегі ғылыми-зерттеу полигонында жүзеге асырылды.

3. СЖОЖ әзірленген құрамдарының бөлшектері, негізгі көрсеткіштері, климаттық факторларды бағалау, нәтижелерді декодтау және талдау күнтізбелік жоспарға сәйкес (аккредиттеу аттестаты №KZ T.02.2122 2018 жылғы 06 қыркүйектен бастап, 2023 жылғы 06 қыркүйекке дейін жарамды) «Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ» Сәулет және Құрылыс ғылыми-зерттеу зертханасында жүргізілді.

#### **Тақырыптың өзектілігі**

Еліміздің экономикасын дамытудың басым бағыттарының бірі – энергияны ұтымды пайдалану, өндірістік және өндірістік емес салаларда энергия тұтынуды азайту болып табылады. Жаңа ғимараттар салу және қолданыстағы тұрғын үй қорын қайта құру кезінде жылу қорғауды қамтамасыз етудің энергия үнемдейтін технологиялары ерекше маңызға ие. Бұл еліміздегі аумақтың едәуір бөлігі қоршаған ортаның орташа жылдық температурасының төмендігімен, бірқатар өңірлердегі ұзақ жылыту маусымымен сипатталады. Тағы бір себеп – дәстүрлі энергия тасымалдаушылардың қымбаттауы, жылу қорғауды қазіргі заманғы нормаларға сәйкес келтіру (ҚР ЕЖ 2.04-107-2022 «Ғимараттардың жылу қорғанысы»). Энергия бағасының күрт өсуі және ғимараттар мен құрылыстардың жылуоқшаулағыштығына жаңа талаптар енгізу жағдайында отандық жылу қорғау материалдарының көпшілігі тым қымбат және тиімсіз болып шықты.

Дәстүрлі жылуоқшаулағыш жабындар (талшықты материалдар, көбік және бүріккіш полимерлер) ылғалдылықтың жоғарылауы, металл негізінің қабатты коррозиясының пайда болу мүмкіндігі, жылу, жарық және ылғалдылық әсерінен жабынның бұзылуы сияқты бірқатар кемшіліктерге ие.

Бұл кемшіліктерді жеңудің бір жолы – жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер мен полимерлі байланыстырғыштарды қолдана отырып, жаңа жоғары тиімді жылу қорғайтын материалдарды қолдану. Жаңа жылуоқшаулағыш жабындар – жоғары жылуоқшаулағыш қасиетке ие, адгезия және коррозияға қарсы қасиеттері бар сұйық қосылыстар. Жақында отандық нарықта керамикалық микросфералар мен әр түрлі байланыстырғыштардың көмегімен жасалған жаңа жылуоқшаулағыш материалдар пайда болды. Алайда, бүгінгі күні байланыстырғыштардың осы материалдардың жылу-физикалық қасиеттеріне әсері толық зерттелмеген.

Сондықтан жылу энергиясының жоғалуын азайтуға мүмкіндік беретін жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер мен полимерлі байланыстырғыштарды қолдана отырып, жаңа жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеу тақырыбы өзекті болып табылады.

**Тақырыптың жаңалығы.** Алғаш рет жақсартылған пайдалану сипаттамаларының кешені бар Қазақстан Республикасының жергілікті шикізатын толтырғыш ретінде қолдана отырып, жаңа сұйық жылуоқшаулағыш жабын әзірленді.

#### **Зерттеудің ғылыми жаңалығы:**

- Алғаш рет дибутилфталатпен модификацияланған полимерлі эпоксидті шайыр мен Этал-1440Н қатайтқыш негізінде оңтайлы беріктік шегі мен жұмыстық өміршеңдігіне ие сұйық жабынды алудың технологиялық әдісі әзірленді;

- алғаш рет сұйық жабындардың түс беріктігіне табиғи климаттық факторлардың әсерін зерттеу арқылы эпоксидті шайыр ЭД-20 байланыстырғыш маркасы оңтайлы екендігі анықталды;

- алғаш рет дибутилфталатпен модификацияланған эпоксидті шайыр және Өтесай кен орнының (Қазақстан) диатомитінен алынған микрокремнезем негізінде 80:20 қатынасында жоғары тиімді сұйық жылуоқшаулағыш жабын әзірленіп жасалды;

- нормативтік құжаттарға сәйкес әр түрлі беттерге қолдану барысында әзірленген сұйық жылуоқшаулағыш жабынның шекті пайдалану сипаттамалары бекітілді.

#### **Жұмыстың мемлекеттік бағдарламалармен және ғылыми-зерттеу жұмыстарымен байланысы**

Диссертациялық жұмыс Мордовия университетімен бірлесіп «Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ» коммерциялық емес акционерлік қоғамының Сәулет және Құрылыс ғылыми-зерттеу зертханасында «2020-2022 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобаларды 27 ай іске асыру мерзімімен гранттық қаржыландыру» бағдарламасы шеңберінде АР08855714

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігімен қаржыландырылған «Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізіндегі жылуоқшаулағыш жабындар» тақырыбы бойынша жобасы негізінде орындалды. Сонымен қатар, диссертант Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі қаржыландыратын 2023-2025 жылдарға арналған BR21882292 – «Тұрақты құрылыс саласын интеграцияланған дамыту: инновациялық технологиялар, өндірісті оңтайландыру, ресурстарды тиімді пайдалану және технологиялық парк құру» атты нысаналы қаржыландыру бағдарламасы шеңберінде жүзеге асырылуына қатысып, кіші ғылыми қызметкер міндетін атқарып келеді.

#### **Диссертациялық жұмыстың мақсаты**

Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелерді пайдалана отырып, жаңа жоғары тиімді сұйық жылуоқшаулағыш жабын әзірлеу және алынған жабындардың табиғи климаттық сынақтарын жүргізу арқылы физика-химиялық, механикалық қасиеттерін зерттеу болып табылады.

**Зерттеу нысандары** – модифицирленген эпоксидті шайыр негізінде алынған сұйық жабын, микрокремнезем мен эпоксидті шайыр негізінде алынған сұйық жылуоқшаулағыш жабындар.

#### **Зерттеу мәні**

Жылуоқшаулағыш қасиеттеріне ие болатын жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер және эпоксидті шайыр негізіндегі сұйық жылуоқшаулағыш жабын әзірлеу.

**Зерттеудің міндеттері, олардың жалпы ғылыми-зерттеу жұмысын орындаудағы орны**

Зерттеу мақсатына жету үшін келесі **міндеттер** шешілді:

- Полимерлі сұйық жабындарды алуда қатайтқыштың тиімді маркасын анықтау арқылы модифицирленген эпоксидті шайыр алу және оның жылуөткізгіштік коэффициентін анықтау;

- сұйық жабын алу үшін байланыстырғыштың оңтайлы маркасын анықтау мақсатында модифицирленген эпоксидті шайыр композиттерінің табиғи климаттық факторлар әсеріне түс беріктігін анықтау;

- жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйе – микрокремнезем мен байланыстырғыш – эпоксидті шайыр негізіндегі жаңа сұйық жылуоқшаулағыш жабындарды өндеудегі бастапқы материалдардың оңтайлы қатынасын анықтау және алынған жабынның физика-химиялық, механикалық қасиеттерін зерттеу;

- жылуоқшаулағыш қасиеттері бар микрокремнезем мен эпоксидті шайыр негізінде алынған сұйық жабындардың ұзақмерзімділігі және экономикалық-технологиялық тиімділігін анықтау.

#### **Зерттеудің әдістемелік базасы**

Диссертациялық жұмысты орындау кезінде келесі әдістер мен қондырғылар қолданылды:

- Микрокремнеземнің дисперсті ұнтақтар бөлшектерінің өлшемдерін, олардың пішінін, түсін бағалауға, макрокеуектердің және жарықтардың болуын

анықтауға OLYMUSGX-71 инверттелген металлографиялық оптикалық микроскоп және ShimadzuSALD-3101 бөлшектерінің өлшем анализаторы қолданылды;

- құрылым және химиялық сипаттамаларды зерттеу «NICOLET 5700 FT-IR» маркалы ИК-Фурье спектрометрінде жүргізілді;

- толтырғыш ұнтақтарының құрылымдық сипаттамаларын анықтау және бағалау үшін «Hecus S3-MICRO X-Ray SAXS/SWAX System» рентгендік кіші бұрышты дифрактометр пайдаланылды;

- алынған құрамдардың тұтқырлығы ВЗ-4 типті 4 мм диаметрлі вискозиметр қолдану арқылы анықталды;

- полимерлі композиттерді механикалық сынау үшін TRAPEZIUM X бағдарламалық жасақтамасы бар AGS-X сериялы сынақ машинасы қолданылды;

- табиғи климаттық сынақтар Н. П. Огарев ат. Мордовия мемлекеттік университетінің (Саранск қ.) автоматты климаттық бақылау станциясының (АБС) көмегімен жүргізілді;

- декоративті сипаттамалардың өзгеруін талдау СД-6834 Spectro-guide spliere gloss спектрофотометрін қолдану арқылы анықталды;

- жабындардың термиялық қасиеттері «Mettler Toledo TGA/SDTA 851» аспабында термогравиметриялық талдау әдісімен зерттелді;

- адгезиялық беріктігі ПСО МГ4 адгезия өлшегішімен жүзеге асырылды;

- материалдардың жылу өткізгіштігін анықтау үшін ИТС-1 электронды жылу өткізгіштік өлшегіші қолданылды;

- жабындардың жылтырлығы novo-Gloss сериялы фотоэлектрлік жылтырлық дәрежесін анықтауға арналған аспабы көмегімен анықталды.

#### **Қорғауға шығарылатын қағидалар:**

1. Дибутилфталатпен модификацияланған ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырларына Этал-1440Н қатайтқышын қосу арқылы созылу беріктігі сәйкесінше – 48,91 МПа және 43,92 МПа шегіне жеткізілген, өміршеңдігі – 112, 128 минутқа ұлғайтылған, тұтқырлығы – 1,89 және 0,96 Па·с болатын сұйық жабындарды алудың технологиялық әдісі әзірленді.

2. Толық түс айырмашылығын 10 ай аралығында табиғи климаттық зерттеу барысында ЭД-20 шайыры экспозиция ұзақтығының барлық уақытында небәрі 0,5-0,7% өзгеріске ұшырап, Этал-247 шайырына қарағанда 99 тәуліктен асатын тұрақтылықты көрсетіп, А диапазонында 178 МДж/м<sup>2</sup> және В диапазонында 5300 МДж/м<sup>2</sup> қоса алғанда, 6225 МДж/м<sup>2</sup>-ге дейінгі жиынтық күн радиациясының әсеріне төтеп бере отырып, жоғары түс тұрақтылығының беріктік шамасын көрсетті.

3. Дибутилфталатпен модификацияланған ЭД-20 эпоксидті шайырына 20% микрокремнеземді қосуды қамтитын әзірленген әдіс сұйық жылуоқшаулағыш жабынды қалыптастыру кезінде жылу өткізгіштік коэффициентін 0,081-0,088 Вт/(м·К) төмендету тиімділігін дәлелдеді.

4. Металл, бетон, ағаш, кірпіш және сылақ беттеріне жағылған кезде әзірленген сұйық жылуоқшаулағыш жабындар оңтайлы кеуектілікке (3-3,5%),

төмен бу өткізгіштікке (0,001 мг/м·сағ·Па), жоғары адгезиялық беріктікке (1,3-2,2 МПа), төмен жылу өткізгіштік коэффициентіне (0,08-0,1 Вт/м·К) және жабынның жылтырлығы 30-36 аралығындағы көрсеткішке ие.

# **1 ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ҚАСИЕТТЕРІ БАР КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДЫ АЛУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ПРИНЦИПТЕРІН ӘЗІРЛЕУГЕ ШОЛУ**

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].

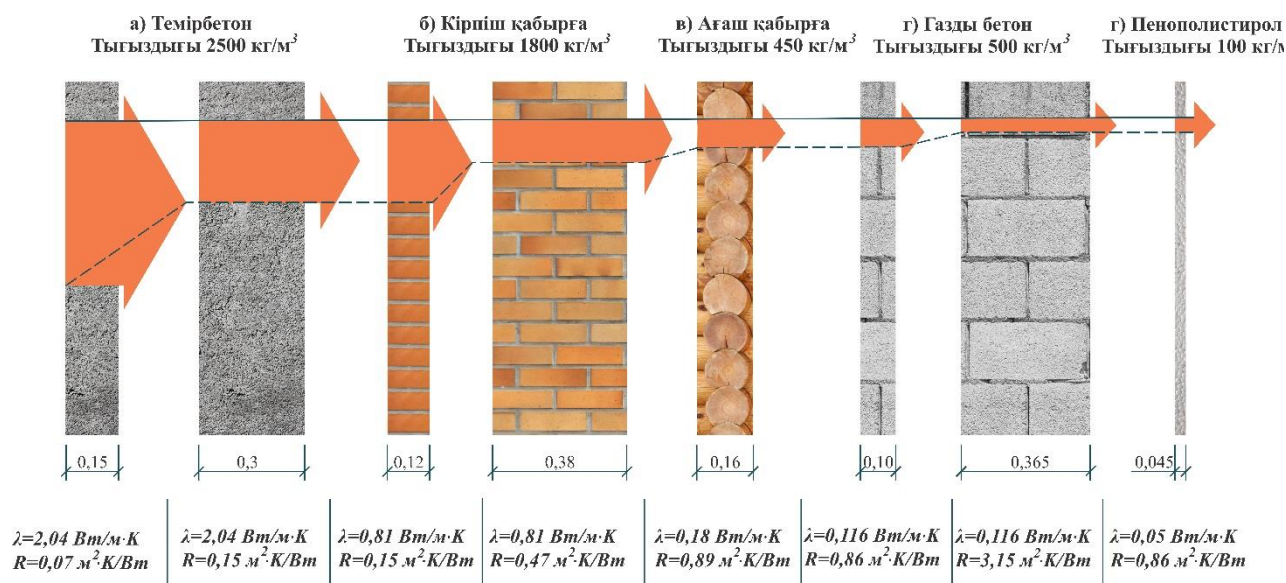
Бұл жағдайлар жақсартылған өнімділігі мен қасиеттері бар жылуоқшаулағыш жабындарды жасау бойынша зерттеу бағытын таңдауға әкелді. Мұндай міндеттер қазіргі уақытта материалдардың қасиеттерін жақсартатын, жаңа материалдар мен жабындарды алудағы өңдеу мен өндірудің жаңа әдістерін қолдану арқылы шешілуі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

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

## **1.1 Жылуоқшаулағыш материалдар және түрлері, жіктелуі мен 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  $0,175 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  аспайтын төмен жылу өткізгіштікке ие, бұл жылу шығынын азайтуға және қыста 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].



Сурет 1.1 – 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 кг/м<sup>3</sup> шамасынан аспайтын ғимарат құрылымына жылуоқшаулағыш салмағынан болатын жүктемелерді сипаттайды.

- Суға төзімділік – суық және жаңбырлы климатта өте қажет қасиет. Жылуоқшаулағыш материал гидрофильді 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 оңтайлы шешімін қамтамасыз ету үшін ғимараттың немесе құрылыстың талаптарын, оның орналасқан жерін, климаттық жағдайларын, бюджетін және басқа да факторларын ескеру қажет.

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

- 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, киіз және т. б.) және пішінді (цилиндрлер, жартылай цилиндрлер, сегменттер және т. б.), орамды болып бөлінеді.

- Материалдар мен бұйымдар құрылымы бойынша талшықты, кеуекті және түйіршікті (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 класқа бөлінеді. А классына жылу өткізгіштігі төмен материалдар ( $\lambda=0,06$  Вт/(м·К) дейін), В классы – орташа жылу өткізгіштік материалдары ( $\lambda=0,06-0,115$  Вт/(м·К)), С классы – жоғары жылу өткізгіштік материалдары ( $\lambda=0,115-0,18$

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 технологиялылығы мен құны да маңызды факторлар болып табылады. Аталған факторларға жауап беретін қазіргі нарықтағы өндірістегі жылуоқшаулағыш материалдарды және олардың физика-механикалық қасиеттерін зерттеу маңызды болып табылады.

## **1.2 Отандық нарықтағы заманауи жылуоқшаулағыш материалдарға аналитикалық шолу**

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 IZOTHERM» (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 сатумен 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 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.

Кесте 1.1 – Отандық жылуоқшаулағыш материалдардың сипаттамалары

№	Көрсеткіштің атауы	IZOTERM	МакWool	Камкор	SAVENERGY
1	Тығыздық, кг/м <sup>3</sup>	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/м <sup>2</sup> ·К	-	0,041		-

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 қож және минералды жүн орамдар мен парақтарда, сондай-ақ 109 759,4 тонна жылуоқшаулағыш және дыбыс оқшаулағыш материалдардан жасалған бұйымдар пайдаланылды [24].

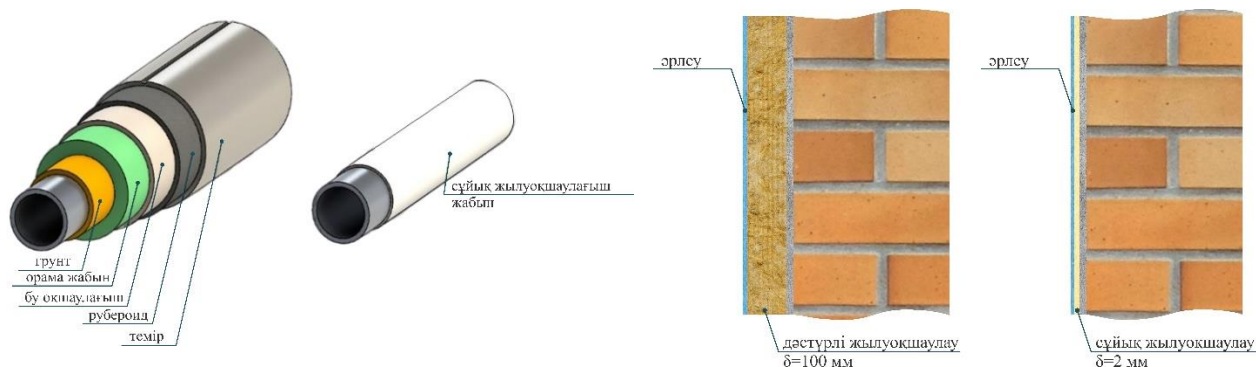
Бүгінгі таңда Ресей нарығынан «Изолат», «Корунд», «Теплос-Топ», «Тепломет», «Теплокрас», «Магнитерм», «Раум Профи», «Альтермо», «Теплокор», «Тезолат», «Керамоизол» маркаларымен жылуоқшаулағыш жабындар ретінде орналастырылған көптеген композициялық материалдар ұсынылады [25]. Бұл жабындар: «сұйық керамикалық жабын», «жылу шағылыстыратын бояу», «сұйық жылуоқшаулағыш», «жылуоқшаулағыш 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 жылуоқшаулағыш жабындардың сипаттамалары келтірілген.

Кесте 1.2 – Жылу шағылыстыратын материалдың сипаттамалары

№	Көрсеткіштің атауы	Изолат	Керамоизол	Корунд	Теплокрас	Теплометт
1	Сұйық/қатты күйдегі тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>	600/400	800/500	-	590/780	500/750
2	Жыртылу күші, кг/см <sup>2</sup>	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/м <sup>2</sup> ·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/см <sup>2</sup>	0,03	0,08	0,02	-	0,4

1.1, 1.2-кестелерді көріп отырғанымыздай, нарықтағы жылуоқшаулағыш материалдардың толық характеристикалары келтірілмеген және олар біркелкі нормативтік құжаттармен сипатталмаған. Аталған жылу шағылыстыратын маркалардың бұл өнімдері қарапайым бояуға ұқсайтын ақ түсті суспензия болып табылады, оны бояуға және кез-келген бетке қолдануға болады. Кептіруден кейін 24 сағат қажет, дәстүрлі оқшаулағыштармен салыстырғанда ерекше жылуоқшаулағыш қасиеттеріне ие және коррозияға қарсы қорғанысты қамтамасыз ететін серпімді полимерлі жабын пайда болады. Бұл оны қатты жылуоқшаулағыштың басқа стандартты нұсқалары қолданылмайтын жерде қолдануға мүмкіндік береді. Үлкен артықшылығы – сұйық жылуоқшаулағыш құрылымға жүктемені арттырмайды.

Жылуоқшаулағыш 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 көгеру мен саңырауқұлақтардың пайда болуынан сенімді қорғайды. Оқшаулағыш қоспаны қолданудың арқасында құрылымның қызмет ету мерзімі едәуір артады, сонымен қатар жылыту шығындары азаяды. Сонымен қатар, жылуоқшаулағыш бояу материалдарын кез-келген бетке (бетон, керамика, ағаш, сылақ немесе металл) қолдануға болады. 1.2-суретте сұйық жылуоқшаулағыш жабынның (СЖОЖ) дәстүрліден айырмашылығы көрсетілген.



Сурет 1.2 – Орамдық және тақталық беттердегі сұйық және классикалық жылуоқшаулағыштарды салыстыру

Жылуоқшаулағыш бояуды қолданудың жылуоқшаулағыш әсеріне қуыс микросфералардың көптігі арқылы қол жеткізіледі – жылу энергиясының жоғалуы әдеттегі конвекцияға байланысты азаяды. 2 мм қабатты өте жұқа жылуоқшаулағыштың 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 тұратын композиция. Материалдың консистенциясы қалың бояуға ұқсайды және оны кез келген бетке жабын ретінде қолдануға болады. Кептірілгеннен кейін жоғары жылуоқшаулағыш, дыбысоқшаулағыш және коррозияға қарсы қасиеттері бар серпімді 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 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;

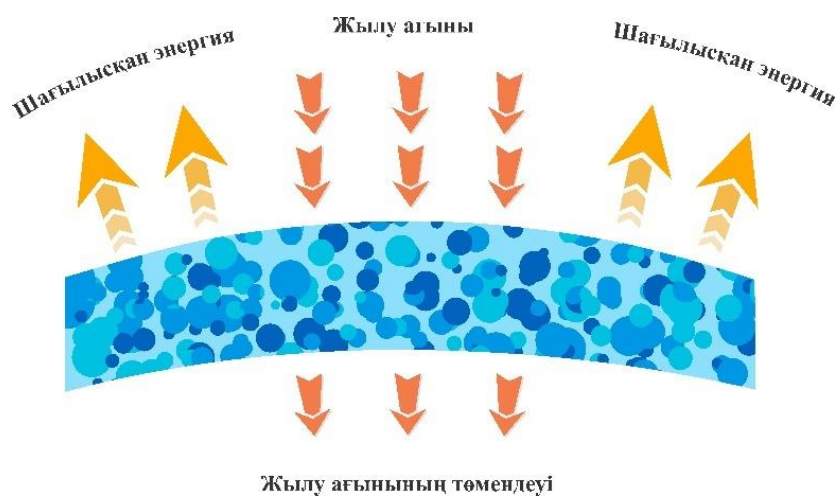
- қолданудың қарапайымдылығы – технологиялық процесс мүмкіндігінше жеңілдетілген, қымбат жабдық пен құрылыс тәжірибесін қажет етпейді;

- ылғалға төзімділік – микроорганизмдердің, саңырауқұлақтардың, көгерудің пайда болуына қарсы тұру;

- жұмыс температурасының кең диапазоны – жабын көптеген аяздарға төтеп береді және +220°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 қабатын құру. 1.3-суретте сұйық жылуоқшаулағыш жабынның жұмыс принципі көрсетілген.



Сурет 1.3 – 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 ие 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].

Жылудан 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 көрсеткіштері, оның ішінде созылу кезіндегі салыстырмалы ұзарту көрсеткіштері. Жылуоқшаулағыш жабынның физика-механикалық көрсеткіштері әдебиеттік деректер көрсетіп отырғандай, қолданылатын байланыстырғыш 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 ғалымдар 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 қанағаттандырады. Мысал ретінде, тығыздығы  $250-350 \text{ кг/м}^3$  болатын сипаттамаларға сәйкес, полистиролбетонның жылу өткізгіштік коэффициентінің мәндері  $0,08-0,1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  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 бетонның бірқатар кемшіліктері бар, мысалы, қатаю кезінде айтарлықтай шөгу 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/м<sup>3</sup> 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 массалы керамикалық материал, жоғары беріктікке, жылу мен дыбыс оқшаулағышқа ие. Көбікті немесе газды бетон – кеуекті құрылымы ауа көпіршіктерін енгізу арқылы қол жеткізілетін, тығыздығы төмен, беріктігі жоғары, жылу және дыбыс өткізбейтін жеңіл бетон материалы. Бұл материалдар құрылыста оқшаулау, қабырғалар мен бөлімдер 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 қож жүніне негізделген жылуоқшаулағыш бұйымдарды қамтитын талшықты материалдар басым болды [69], монтаждау кезінде талшықты жылуоқшаулағыш материалдар ылғалдан



қосымша қорғауды қажет етеді, өйткені бұл материалдар ылғал талшықтарының құрылымына 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].

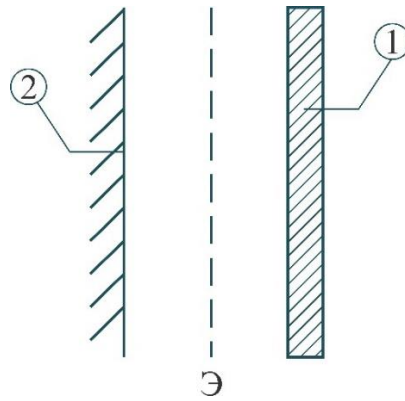
Ғимараттардың ішкі жылуоқшаулағыштарына арналған материалдарды әзірлеу кезінде мүлдем жаңа тәсіл қажет. Әрине, ең маңызды аспект – бұл тұрғын үйдің шаршы метрінің материалдық сыйымдылығы бойынша шығындардың, жылуоқшаулағыш материалдар мен жүйелерді енгізудің экономикалық әсерімен салыстырғанда оның құнының 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, қозғалғыштығы 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, бөлмедегі 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; Э – 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 әдетте 1.1 формула бойынша анықталады:

$$Q = \frac{1}{2} \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F \quad (1.1)$$

Теңдеу (1.1) бойынша бір экран болған кезде сәулелік ағын екі есе азаятынын 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 теңдеу 1.2 түрге келтіріледі:

$$Q = \frac{1}{n+1} \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F \quad (1.2)$$

Кейбір авторлардың есептелген тәуелділіктерінен [74] қыздырылған бетінен экрандарға дейінгі қашықтық алынған сәулелену ағынының шамасына әсер етпейтіні шығады. Сондықтан қазіргі жылуоқшаулағыш принципі 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 жылуды тасымалдау процесі;

- жылу сәулеленуі (сәулелік жылу алмасу) – электромагниттік толқындардың көмегімен жылудың таралу процесі; бұл жағдайда дененің ішкі энергиясы сәулелену энергиясына ауысады.

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

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

Іс жүзінде, қоршау конструкцияларын дәстүрлі жылытқыштармен (минералды жүн, полистирол көбік және т.б.) жылуоқшаулағыш процедураларын жасау кезінде біртекті құрылымды алу мүмкін емес. Қаптама мен жылуоқшаулағыштың өзі бекітілген арматуралық шыбықтар «суық аралықтардың» пайда болуына және нәтижесінде жылу жоғалуына әкеледі. Жылуоқшаулағыш жабындардың көмегімен оңтайландыру үшін жоғары жылу өткізгіштігі бар қосымша элементтер қажет болмағандықтан, «суық көпірлерсіз» құрылымдарды жылуоқшаулағыш бойынша жұмыстар жүргізуге мүмкіндік туды. Сондай-ақ, жұқа қабатты жылуоқшаулағыш жабындардың сөзсіз артықшылығы – жұмыстың күрделілігін айтарлықтай төмендетуі.

Осылайша, сұйық жылуоқшаулағыш 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 Жылуоқшаулағыш 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 жылуоқшаулағыш жабындар алғаш рет 1995 жылғы патенттерде аталған [78, 79]. Алайда, бірінші жағдайда байланыстырғыш ретінде эпоксидті шайыр, ал екінші жағдайда силексан каучук қолданылады. Эпоксидті шайыр негізіндегі композиция қолданар алдында күрделі дайындықты қажет етеді, өйткені ол полимерлі байланыстырғыштың полимерлену процесін бастау үшін қатайтқышты

қолдануды қамтиды. Силоксан каучук негізіндегі композиция 150 °С дейінгі температурада қолданғаннан кейін жабын термиялық өңдеу қажеттілігін анықтайды. Сонымен қатар, қатты полимер – карбамид-формальдегид шайырына негізделген паста тәрізді жылуоқшаулағыш құрамы белгілі, алайда ол қышқыл қатайтқышты қолдануды қажет етеді [80].

2003 жылдан бастап пайда болған патенттерде жұқа қабатты жылуоқшаулағыш жабындар үшін байланыстырғыш ретінде полимерлердің су дисперсиялары ұсынылады [81]. «Thermal-Coat™» сұйық жылуоқшаулағыш жабыны прототипі ретінде пайдаланылған өнертабыстың мәні полимерлі байланыстырғыш пен керамикалық және кремний қуыс микросфера бөлшектерінен басқа, сұйық жылуоқшаулағыш 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 оқшаулағыш жабын» [82] өнертабысына патент жарияланды, алайда құрамындағы материалдар шығынына байланысты экономикалық жағынан тиімсіз болып табылады.

Осындай жылуоқшаулағыш композицияларды әзірлеу саласындағы қосымша зерттеулер шыны, полимер, күл сияқты қолданылатын микросфералық толтырғыштардың ассортиментін кеңейтуге бағытталған [83]. Болашақта бұл өнертабыстар 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 консистенциясына 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 кремнезол [86] болатын өнертабыстар 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 металдарды пайдалану көзделеді. Мысалы, белгілі жылуоқшаулағыш жабын [87] құрамында металл қабатымен қапталған қуыс 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 металдандырылған

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 қабаты. 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 қабатына, 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 қабатының ұсақ сынықтарымен бірге тез жарылып қабыршақтанады [91].

Көріп отырғанымыздай, ерітінді немесе дисперсия түрінде болуы мүмкін полимерлер жылуоқшаулағыш жабындар үшін байланыстырушы зат ретінде қолданылады. Ерітінділерде иондық топтар немесе иондық емес гидрофильді топтардың едәуір мөлшері болса, полимерлер түзілуі мүмкін. Үлдір түзгіштердің полимерлеріне негізделген бояу материалдары, әдетте, анодты немесе катодты электронды 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, поливинилацетат және акрилат бояулары.

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

Коррозияға қарсы, отқа төзімді белгілі композиция эпоксидті шайырды, қатайтқышты 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 талаптарына сәйкес полимерлі жылуоқшаулағыш жабынның

байланыстырғышы ретінде эпоксидті 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 адгезияға, толтырылған жүйелердің физикалық, механикалық және басқа да қасиеттеріне жауап береді [94, 95].

Жұмыста ұсынылған композиция [96] аминді қатайтқышпен қатайтылған эпоксидті шайырды қамтиды. Пластификатор ретінде реактивті резеңке қолданылады. Отқа төзімділікті арттыру үшін композицияға мусковит слюда қосылады. Жабын жасау үшін композиция алдымен эпоксидті реактивті резеңкемен мұқият араластырылады. Әрі қарай, композицияға қуыс микросфералар қосылып, қайтадан араластырылады. Содан кейін мусковит слюдасы қатайтқышпен мұқият араластырылып, жасалған қоспаны микросфералармен толтырылған эпоксидті-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  $0,023 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  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 араластыруды, қалыптауды, термиялық өңдеуді, қартаюды, салқындатуды қамтиды. Материал жоғары жылу өткізгіштік коэффициентімен  $0,16 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  және  $6-17 \text{ МПа}$  қысу беріктігімен сипатталады.

Жұмыста [99] сұйық шыны негізіндегі жылуоқшаулағыш жабындардың құрамы сипатталған. Өнертабыс жылудан 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  $0,070 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  болатын байланыстырушы компонент ретінде сұйық әйнекті [100] қамтитын жылудан 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  $0,050 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  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.

Көріп 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: шыны, керамика және полимер. Бұл микросфералардың құны жоғары болғандықтан, бұл композициялық материалдың шығын құнына әсер етеді.

Микросфералық толтырғыш ретінде отын электр станцияларының көмірін жағудан бөлінетін күл-қож қалдықтарынан қуыс алюмосиликатты микросфераларды қолдану композициялық жылуоқшаулағыш жабынның құнын едәуір төмендетуі мүмкін, ал жабынның жоғары жылу шағылыстырғыштығы оның құрамында металл пигментінің болуы арқылы қамтамасыз етілуі керек [101].

Қажетті жылуоқшаулағыш сипаттамаларына қол жеткізу үшін микросфералардың ең қолайлы диаметрі 60-тан 100 мкм-ге дейін өзгертінді анықталды. Диаметрі 60 мкм-ден аз микросфераларды қолданған кезде термиялық кедергісі төмен микросфералардың бір-біріне жақын орналасқан қабырғаларынан пайда болатын «жылу көпірлерінің» саны артады. Микросфералардың диаметрі 100 мкм-ден асқан жағдайда, байланыстырушы материалдың көлемдік концентрациясының жоғарылауына байланысты жабынның жылуоқшаулағыш қасиеттерінің 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. Сонымен қатар, жоғары механикалық кернеулерге төзімді қосылыстар үшін байланыстырғыштың максималды мөлшері қажет [103].

Қазіргі уақытта ғимараттар мен басқа да құрылыстардағы жылуоқшаулағыш материалдар өндірісінде шөгінді жыныстардан алынған жұқадисперсті 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 жанасу 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 өзін-өзі ұйымдастыру процестері «құрылымдағы құрылымды» қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Бұл жылуды жақсы өткізетін дәндердің 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 жұқадисперсті минералды ұнтақтармен ауыстыру бойынша зерттеулер бар, мысалы, микрокремний диоксиді, ақ күйе және диатомит 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 жұқадисперсті 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 жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде жылуоқшаулағыш жабындардың құрамын жасау міндеті туындайды.

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

### **Бірінші тарау бойынша тұжырым**

Ұсынылған әдеби талдауға сүйене отырып, келесі қорытынды жасауға болады:

1. Ғимараттар мен имараттарды жылыту кезінде жылу шығынын азайту тиімділігі жылуоқшаулағыш материалдарды қолдану арқылы арқылы 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 түзмейді, сонымен қатар эксплуатациялық жұмыстарды орындау кезінде еңбек шығындарын айтарлықтай төмендетеді;

2. Қазіргі уақытта нарықта толтырғыш қолданып, сұйық жылуоқшаулағыш материалдар шығаратын компаниялар көптеп кездеседі, дегенмен, Қазақстанда жергілікті шикізат микрокремнезем қолдану арқылы сұйық жылуоқшаулағыш материалдарды шығармайды;

3. Сұйық жылуоқшаулағыш материалдарды алу үшін эпоксид шайырдың екі түрін қолданады: ЭД-20 және Этал-247, ал қатайтқыштар ретінде Этал-1440Н, Этал-1460, Этал-45М және ПЭПА;

4. Сұйық жылуоқшаулағыш материалдарды алу барысында микрокремнеземдардың мына түлері зерттелмеген: Өтесай кен орнынан алынған микрокремнезем, конденсацияланған микрокремнезем, ақ күйе, FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы;

5. СЖОЖ кеуектілігі, бу өткізгіштігі, адгезиялық беріктігі, жылу өткізгіштік коэффициенті, жылу кедергісі және жылтырлық дәрежесін анықтау бойынша мәліметтер жоқ.

Аталған деректерді ескере отырып, зерттеудің келесі бөліміне өту барысында жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелерді пайдалана отырып, жаңа жоғары тиімді жылуоқшаулағыш жабын әзірлеу және алынған жабындардың климаттық сынақтарын жүргізу арқылы физика-химиялық, механикалық қасиеттерін зерттеу өзекті мақсат екендігі анықталды.

Қойылған мақсат мынадай міндеттерді орындау арқылы шешіледі:

- Полимерлі сұйық жабындарды алуда қатайтқыштың тиімді маркасын анықтау арқылы модифицирленген эпоксидті шайыр алу және оның жылуөткізгіштік коэффициентін анықтау;

- сұйық жабын алу үшін байланыстырғыштың оңтайлы маркасын анықтау мақсатында модифицирленген эпоксидті шайыр композиттерінің табиғи климаттық факторлар әсеріне түс беріктігін анықтау;

- жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйе – микрокремнезем мен байланыстырғыш – эпоксидті шайыр негізіндегі жаңа сұйық жылуоқшаулағыш жабындарды өндеудегі бастапқы материалдардың оңтайлы қатынасын анықтау және алынған жабынның физика-химиялық, механикалық қасиеттерін зерттеу;

- жылуоқшаулағыш қасиеттері бар микрокремнезем мен эпоксидті шайыр негізінде алынған сұйық жабындардың ұзақмерзімділігі және экономикалық-технологиялық тиімділігін анықтау.

Сондықтан тұжырымдай келе, ары қарай зерттеу жұмыстары үшін екінші бөлімде жылуоқшаулағыш жабын алуға арналған материалдар мен компоненттер, эксперименттік және зерттеу әдістерін анықтау және өткізу бойынша жұмыстар жасалынуы нақтыланды.

## 2 МАТЕРИАЛДАР, ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

### 2.1 Жылуоқшаулағыш жабын алуға арналған материалдар мен компоненттер

Диссертациялық жұмыста 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 (күю және сіңдіру қосылыстары, желімдер, тығыздағыштар, арматураланған пластмассаларға арналған байланыстырғыштар, қорғаныс жабындары) қолданылады. МЕМСТ 10587-84 сәйкес ЭД-20 эпоксидінің негізгі технологиялық көрсеткіштері 2.1-кестеде келтірілген [107].

Кесте 2.1 – ЭД-20 эпоксидті шайырының технологиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштің атауы	МЕМСТ 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 топтардың массалық үлесі, %	20,0-22,5
4	Хлор ионының массалық үлесі,%, артық емес	0,001
5	Гидроксил топтарының массалық үлесі,%, артық емес	1,7
6	Ұшпа заттардың массалық үлесі,%, артық емес	0,2
7	Динамикалық тұтқырлық, 20 °С температурада Па·с	13-20
8	Қатайтқышпен қоюлану уақыты, сағ, 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 полярлық 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].

Кесте 2.2 – Этал-247 эпоксидті шайырының технологиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштің атауы	ТШ 2257-247-18826195-07 бойынша көрсеткіш нормасы
1	Эпоксидті топтардың массалық үлесі,%, кем емес	21,4-22,8
2	Брукфильд бойынша тұтқырлық 25°-та, СП	650-750
3	25° температурада ВЗ-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 диатомитты дисгрегациялау арқылы кірне-гель тәсілімен алынған. [109]. Микрокремнеземнің жалпы түрі 2.1-суретте келтірілген.



Сурет 2.1 – Микрокремнеземнің жалпы түрі

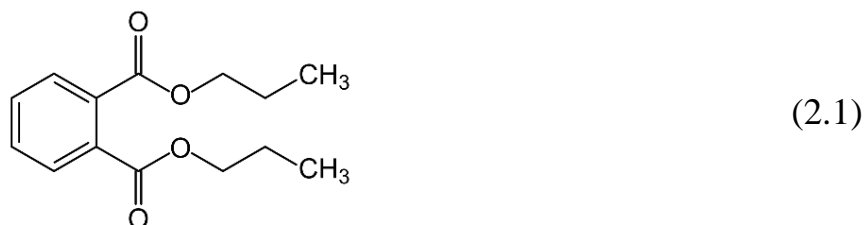
Қатайтқыш ретінде пайдаланылды:

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

– Этал-45М, Этал-1460 (ТШ 2257-045-18826195-01) – салицил қышқылымен модификацияланған хош иісті және алифатты ди- немесе полиаминдердің қоспасы болып табылатын амин түріндегі қатайтқыш, эпоксидті шайырлар мен олардың негізіндегі құрамдарды  $-7^{\circ}\text{C}$  ( $+5$ -тен)  $+45^{\circ}\text{C}$ - ка дейінгі температурада қатайту үшін қолданылады [111].

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

Пластификатор ретінде дибутилфталат (ДБФ) қолданылады (МЕМСТ 8728-88). Дибутилфталат – ашық сарыдан қою қоңырға дейінгі жидектер. Пластификаторлар - ұшпа 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:



Антиоксиданттар ретінде салицил және фенол қышқылдары қолданылды. Олар бояғыштың ішіндегі тотығу процестерін баяулатады. Сұйылтқыш ретінде – бутанол қолданылды [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 қолданылады. Қосымша Г, Г.1-суретте келтірілгендей OLYMUSGX-71 инверттелген металлографиялық микроскоп материалдың біріктірілген бөлшектерінің өлшемдерін, олардың пішінін, түсін бағалауға, макрокеуектердің және жарықтардың болуын анықтауға мүмкіндік береді. Бөлуді ұлғайту диапазоны – 12,5-3000х, кешен секундына 7 кадрды оқу жылдамдығымен 2088×1544 ажыратымдылығымен объектінің түрлі-түсті бейнесін алуға мүмкіндік беретін сандық камерамен жабдықталған.

Дисперсті жүйелердің гранулометриялық құрамын егжей-тегжейлі зерттеу үшін ShimadzuSALD-3101 бөлшектерінің өлшем анализаторы қолданылады (Қосымша Г, сурет Г.2). Ол 50 нм ден 3000 мкм-ге дейінгі аралықтағы ұсақ бөлшектердің мөлшерін өлшеуге арналған және әртүрлі минералды ұнтақтарды зерттеу үшін қолданылады.

### **2.2.2 Микрокремнезем бетінің құрылымын анықтау**

Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде алынған жабындардың құрылымы мен химиялық сипаттамаларын зерттеу үшін ИҚ спектроскопиялық әдісі қолданылды. ИҚ-спектрлерді тіркеу «NICOLET 5700 FT-IR» маркалы ИҚ-Фурье спектрометрінде  $4000-400\text{ см}^{-1}$  диапазонында  $20^\circ\text{C}$  температурада жүргізілді (Қосымша Г, сурет Г.3).

ЭД-20 маркалы шайырдың сұйық үлгілерін талдау үшін тереңдетілген кристалды пластинасы бар префиксті қолдана отырып жүргізілді, ЭД-20 шайырының  $1\text{ см}^3$  үлгісі беті сұйық фаза қабатымен 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 сұртті. Алынған қоспаны кюветтердің біріне орналастырып, бетін қырғышпен мықтап басып, тегістеді. Екінші кюветке таза ұсақталған KBr (салыстыру үлгісі) орналастырылды.

### **2.2.3 Жұқадисперсті толтырғыш ұнтақтардың құрылымдық сипаттамаларын анықтау және бағалау**

Кіші бұрыштық рентгендік шашырау (КБРШ) әртүрлі физикалық сипаттағы және агрегаттық күйдегі нанонысандарды, 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.

Толтырғыш ұнтақтарының құрылымдық сипаттамаларын анықтау және бағалау үшін «Hecus S3-MICRO X-Ray SAXS/SWAX System» (Австрия, 2006 ж.) рентгендік кі бұрышты дифрактометр пайдаланылды (Қосымша Г, сурет Г.4).

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 теңдеуге 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 қателіктердің 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:

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

интеграциялау  $r = 0$ -ден  $r_{\text{max}}$ -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:

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

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  $\lg(I) - \lg(s)$  координаттарында көрсетілген шашырау қисығының сәйкес сызықтық учаскелерінің көлбеуінен анықтауға болады. Жалпы жағдайда  $n \leq 4$  фракталдық беттегі шашыраңқы сәулелену 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 өлшемімен 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  $2 \leq D_S < 3$  аралығында. Демек,  $3 < n \leq 4$  шамасы логарифмдік координаттардағы  $I(s)$  тәуелділікті пайдаланып, алынған түзудің көлбеу бұрышында беттің фракталдық өлшемін анықтауға болады.

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

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

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

КБРШ эксперименттік спектрінің Гаусс қисықтарын қысқа ( $I s^2 - s$ ) координаттарында жуықтау әдісін қолдану арқылы  $I s^2$  максимум позициясына сәйкес келетін және шашыраңқы бөлшектердің көрсетілген орташа  $l$  өлшемін сипаттайтын  $s_{max}$  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 кеуек 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.

Кеуектердегі газдың жылу беруі (конвективті компонент –  $\Lambda_2$ ) газ молекулаларының соқтығысуы арқылы жүзеге асырылады. Жылу өткізгіштік молекулалардың еркін жүру ұзындығы мен сызықтық кеуек 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, диэлектрлік 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 кеуек 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 кеуектілік  $m$  болады: 0,26; 0,4; 0,47. Кеуектер арасындағы байланыс бұзылмайтын шекті кеуектілік  $m_p = \pi/6 \approx 0,52$  ағып кету шегіне тең. Еркін құлау жағдайында түйіршікті жүйелердің кеуектілігі 90%-дан асуы мүмкін. Егер түйіршіктер арасындағы үздіксіз байланыстар сақталса,  $m > m_p$  кеуектілігі 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:

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

Содан кейін  $m = 90\%$  және  $m = 96\%$  кеуектілік 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  $300 \div 400$  нм глобулярлық 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 (ССА моделі) біріктіріледі.

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

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

мұндағы:

$r_0$  – жеке бөлшектің радиусы;

$D$  – кластердің фракталдық өлшемі.

Пайда болған кластердің  $m$  массасы  $R$  радиусымен байланысты 2.13 теңдеумен анықталды:

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

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;

$\rho_0$  –  $S_iO_2$ -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  $\rho$  мен кеуектілік  $P$  арасындағы қатынасты қолдана отырып түйіршікті жүйенің кеуектілігі 2.16 формула бойынша анықтады:

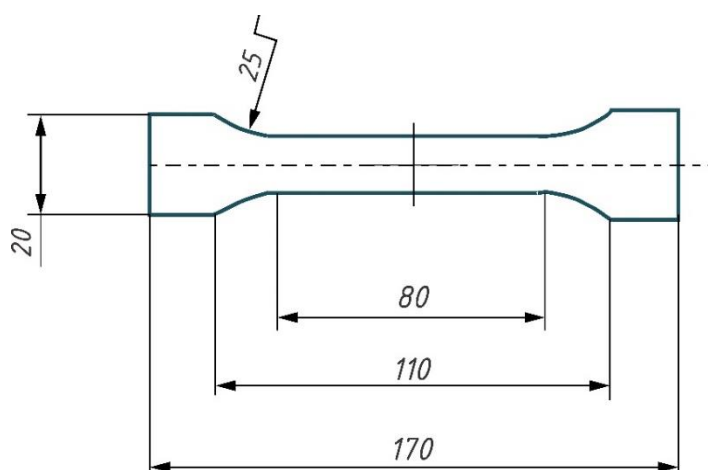
$$P = 1 - \rho_i / \rho_0 \quad (2.16)$$

### 2.3 Эпоксидті шайырдың қатаю процедурасы және үлгілерді дайындау әдісі

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

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 кГц жұмыс жиілігінде СТ-400а ультрадыбыстық араластырғышпен (Қосымша Г, сурет Г.5) араластыра отырып, біртекті масса қалыптасқаннан кейін аталған қатынастарда қатайтқыш енгізіліп тағы 20 минут араластырылды. Дайын қоспа сынақ жүргізу үшін қалыптарға құйылды. Үлгілердің бөлме 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 қолданылды [117]. Сыналатын үлгі және өлшемі 2.2-суретте келтірілген.



Сурет 2.2 – 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] В3-4 типті 4 мм диаметрлі вискозиметр қолдану арқылы анықталды (Қосымша Г, сурет Г.6).

Созылу сынақтары МЕМСТ 11262-2017 «Пластмассалар. Созылу сынағы әдісі» бойынша полимерлі композиттердің құрамын механикалық сынау үшін TRAPEZIUM X бағдарламалық жасақтамасы бар AGS-X сериялы сынақ машинасы қолданылды (Қосымша Г, сурет Г.7), 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.

## **2.5 Жылуоқшаулағыш 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 жасау 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 стендтерінде орналастырылды (Сурет 2.3). Метрологиялық параметрлерді өлшеу (температура, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, жалпы күн радиациясы, ультракүлгін сәулелену, атмосфералық қысым, желдің жылдамдығы мен бағыты, жауын-шашын мөлшері, ластаушы 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 (тиісінше 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.



Сурет 2.3 – Экологиялық-метеорологиялық зертханада үлгілерді экспозициялау

### 2.5.1 Түс сипаттамаларының өзгеруін анықтау

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 ететіні жұмыстарда көрсетілген. Полимер бетінің сыртқы түрінің өзгеруіне байланысты агрессивті факторлардың әсерінен деградация процестерінің жылдамдығын бағалауға болады [119-122].

Декоративті сипаттамалардың өзгеруін талдау МЕМСТ 111 52489-2005, МЕМСТ 52490-2005 сәйкес СД-6834 Spectro-guide splierе gloss спектрофотометрін қолдана отырып, сондай-ақ «Лак-бояу жабындарының түс компоненттерін статистикалық талдау» бағдарламы көмегімен тікелей сканерлеу әдісімен жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша әр композиция үшін белгіленген уақыт өткеннен кейін сыналатын үлгінің түс координаттары –  $L_T^*$ ,  $a_T^*$ ,  $b_T^*$  және анықтамалық үлгінің түс координаттары (климаттық әсерге дейінгі бақылау үлгісі) -  $L_R^*$ ,  $a_R^*$ ,  $b_R^*$  анықталды. Алынған мәндерден келесі түс айырмашылықтары 2.17, 2.18, 2.19 теңдеулер есептелді. Екі түстің арасындағы толық түс айырмашылығы  $\Delta E_{ab^*}$ :

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

мұндағы:

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

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

Ал  $\Delta H_{ab^*}$  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  $(a_R^* b_T^* - a_T^* b_R^*) \geq 0$ ,  $k_H = -1$  for  $(a_R^* b_T^* - a_T^* b_R^*) < 0$

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

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

мұндағы:

$\alpha_X$ ,  $\beta_X$ ,  $\gamma_X$  – зерттелетін композиттің құрамына байланысты теңдеудің коэффициенттері;

$X$  – анықталған айнымалы коэффициент талданатын қисықтардың түріне және экспозиция уақытына байланысы ( $T$ , күн), жалпы күн радиациясы ( $Q$ , МДж/м<sup>2</sup>) немесе А диапазонының толық ультракүлгін сәулеленуі ( $U_A$ , МДж/м<sup>2</sup>), В диапазонының толық ультракүлгін сәулеленуі ( $U_B$ , кДж/м<sup>2</sup>).

CD-6834 спектрофотометрінің көмегімен ЭШ сәндік параметрлерінің өзгеруін анықтаумен қатар, тікелей сканерлеу әдістерін қолдануға негізделген «Бояу жабындарының түс компоненттерін статистикалық талдау» бағдарласы қолданылды. Үлгілер СМҮК форматында 2400 dpi ажыратымдылығы бар 9000F MarkII толық түсті планшеттік сканермен сканерленді. Бағалаудың дәлдігін арттыру үшін қосымша «Жарықтық» (Н) арнасы қосылды. Сканерленген аймақтың өлшемі 20×20 мм болды, бұл бір үлгіде 1889<sup>2</sup> пиксельді талдауға мүмкіндік берді. Бақылау үлгілері үшін жарықтықты ескере отырып, түстің жалпы қанықтылығы 2.20 теңдеуімен анықталды:

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

мұндағы:

$S_C, S_M, S_Y, S_K$  және  $S_H$  – таза ақпен 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 өзгертін түс компонентінің деңгейі;

$f(X_{pi})$  – таралу тығыздығы.

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

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

мұндағы:

$\Delta S_C^t, \Delta S_M^t, \Delta S_Y^t, \Delta S_K^t, \Delta S_H^t$  – көк, күлгін, сары, қара компоненттер мен жарықтылық үшін сәйкесінше климаттық факторлардың әсерінен қанықтылықтағы түс айырмашылықтарының өзгеруі:

$$\begin{aligned} \Delta S_C^t &= S_C^{t=0} - S_C^t; \Delta S_M^t = S_M^{t=0} - S_M^t; \\ \Delta S_Y^t &= S_Y^{t=0} - S_Y^t; \Delta S_K^t = S_K^{t=0} - S_K^t; \Delta S_H^t = S_H^{t=0} - S_H^t \end{aligned} \quad (2.23)$$

## 2.6 Эпоксидті-микрокремнеземді композиттерді алу

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 сүтті ақ дисперсиясы алынғанша 50 КГц-те ультрадыбыстық өңдеуден арқылы дисперсияланып, модифицирленген эпоксидті шайырлармен жеке-жеке әрекеттестірілді. Алынған қоспаларды кремний диоксиді бөлшектері біркелкі таралуы және еріткішті буландыру мақсатында қосымша ультрадыбыстық 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-микрокремнеземді 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).

Кесте 2.3 – Эпоксидті-микрокремнеземді композиттер құрамдарының қатынастары (%)

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

## 2.7 Алынған эпоксидті-микрокремнеземді композит бетінің морфологиясын талдау және толтырғыштың оңтайлы қатынасын анықтау

### 2.7.1 Сканерлеуші электронды микроскопия

«INCA ENERGY» энергодисперсиялық спектрометрмен жабдықталған «SUPERPROBE 733» электрозондты микроанализаторда пленкалар түріндегі полимерлі композициялық жүйелер электрондық сканерлеу микроскопиясында (СЭМ) жүргізілді (Қосымша Г, сурет Г.8). Паста өткізгіш жабысқақ таспаға жағылды, содан кейін контрастты жақсарту үшін кескіндер оны «FINE COAT» қондырғысында алтынның жұқа қабатымен жауып тастады. Түсірілім қайталама электрондар тәртібінде жүргізілді.

### 2.7.2 Жабындардың термиялық қасиеттері

Жабындардың термиялық қасиеттері «Mettler Toledo TGA/SDTA 851» (Швейцария) аспабында термогравиметриялық талдау (ТГТ) әдісімен зерттелді (Қосымша Г, сурет Г.9). 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.

## 2.8 Кеуктілікті анықтау

Материалдың кеуктілігі материалдың көлемін кеуктермен толтыру дәрежесінің көрсеткіші болып табылады.

Кеуктілікті анықтау үшін (П) түрдегі формуласы ұсынылады:

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

мұндағы:

$\rho$  – шынайы тығыздық (абсолютті тығыз күйдегі көлем бірлігінің массасы);

$\rho_m$  – орташа тығыздық (кеуектермен бірге табиғи күйдегі көлем бірлігіндегі массасы).

Кеуектілікті 2.25 формуласы бойынша анықтауға болады:

$$\Pi = V_a/V_e = \frac{V_e - V_{\Pi}}{V_e} = 1 - \frac{V_{\Pi}}{V_e} \quad (2.25)$$

мұндағы:

$V_a$  – абсолютті тығыз арақатынастағы көлем (кеуек кеңістігі жоқ), м<sup>3</sup>;

$V_e$  – табиғи күйдегі көлем (кеуектері бар), м<sup>3</sup>;

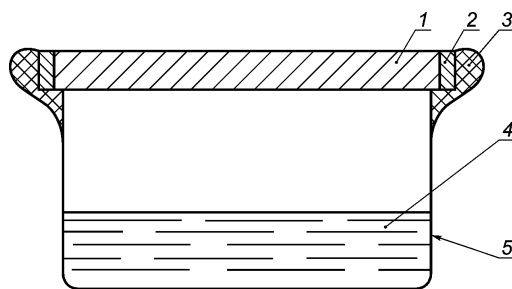
$V_{\Pi}$  – кеуек көлемі, м<sup>3</sup>.

## 2.9 Бу өткізгіштігін анықтау

Бу өткізгіштігі – материалдың екі жағында бірдей атмосфералық қысым кезінде су буының парциалды қысымының айырмашылығы нәтижесінде материалдың буды 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].

Дымқыл шыныаяқ әдісі: сынақ жүргізу үшін қалыңдығы 1 мм алюминий шыныаяқ қолданылды. Үлгіні аммоний дигидрофосфатының қаныққан сулы ерітіндісі бар шыныаяқтың жиегіне мықтап бекітілді (2.4-сурет). Бұл жоғары салыстырмалы 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.



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

Сурет 2.4 – Сынақ ыдысының үлгісі («Дымқыл шыныаяқ» әдісі)



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

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

мұндағы:

24 –  $G$  өлшемін г/сағаттан г/тәулікке айналдыратын көбейткіш;

$\frac{p}{p_0}$  –  $V$  бу өткізгіштігін стандартты атмосфералық қысымға ауыстыратын көбейткіш;

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

$A$  – сыналатын үлгі ауданы, м<sup>2</sup>.

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.

## 2.10 Адгезиялық беріктігін анықтау

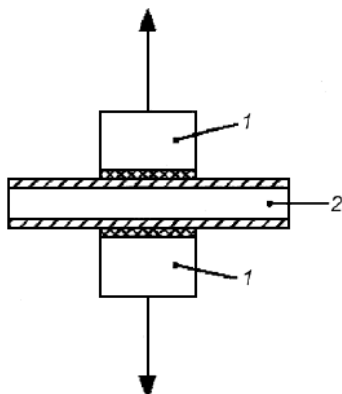
Композициялық жылуоқшаулағыш жабынның негізге жабысу беріктігі (адгезия) Мемлекетаралық стандарт МЕМСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002) «Лак-бояу материалдары. Адгезияны ажырату әдісімен анықтау» анықталады [124].

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 щетканың көмегімен жүзеге асырылды. Дискілерді жүлу ПСО МГ4 адгезия өлшегішімен жүзеге асырылады (Қосымша Г, сурет Г.10).

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 диаметрі 30 мм дискілер пайдаланылды. Дискілер жабынның бетіне желіммен жабыстырылды, содан кейін пленка дискінің бүкіл периметрі бойынша негізге дейін кесілді. Желімнің когезиялық

қасиеттері мен жабынға адгезиясы боялған бет жабынының адгезиясынан жақсы болуы үшін цианоакрилат желім ретінде таңдалды.

Сыналатын жабыны бар үлгіні дайындамалардың желіммен жабылған беттерінің арасына 2.5-суретте көрсетілгендей сыналатын үлгінің орталық осі бойынша тураланатындай етіп орналастырады.



1 – желім жағылған дайындама; 2 – сыналатын үлгі;

Сурет 2.5 – «Қабаттама» сынақ әдісі

Бөліну кезіндегі беріктік 2.28 формуласы бойынша есептеледі:

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

мұндағы:

$\sigma$  – бөліну кезіндегі беріктік, МПа;

$F$  – үзілу күші, Н;

$A$  – дайындама ауданы, м<sup>2</sup>.

### 2.11 Жылу өткізгіштік коэффициентін және жылу кедергісін анықтау

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 тәртібінде жылу өткізгіштік пен жылу кедергісін анықтау әдісі» сәйкес стационарлық жылу ағыны әдісімен құрылыс материалдарының жылу өткізгіштігі мен жылу кедергісін анықтауға арналған [125]. Құрылғының жалпы көрінісі Қосымша Г, Г.11-суретте көрсетілген.

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

- жылу өткізгіштігін өлшеу диапазоны – 0,02÷1,5 В/(м·К);

- жылу кедергісін өлшеу диапазоны – 0,01÷1,5 м<sup>2</sup>·К/В;

- 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 –  $150 \times 150$  мм.

Құрылғының 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  $\lambda$  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;

$\Delta T$  – 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  $150 \times 150$  мм болуы керек. Үлгінің қалыңдығы  $10-25$  мм аралығында болуы керек. Жылу өткізгіштікті өлшеу диапазоны  $0,02$ -ден  $1,5$  Вт/(м·К)-ге дейін, қателігі  $\pm 5\%$ .

Композициялық жылуоқшаулағыш материалдар жұқа қабатты жабындар болғандықтан, қолдану қалыңдығы  $2-6$  мм-ге дейін, осы құрылғыны 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 шеткамен жағылады.

Жабын толығымен кептірілгеннен кейін, қапталған төсеніштің қалыңдығы өлшенеді ( $h_2$ ). Жабыны 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 құрылымның 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 есептемеу 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:

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

мұндағы:

$\delta_1$  және  $\lambda_1$  – белгілі жылу беру коэффициенті бар материалдың қалыңдығы мен жылу беру коэффициенті;

$t_T$  – жылу көзінің температурасы;

$t_1$  – қабырға қабаттары арасындағы температура;

$t_2$  – екінші қабаттың беткі температурасы;

$\delta_2$  – жылу беру коэффициенті анықталатын қабаттың қалыңдығы.

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

Материалдың екі қабаты және сыртқы беті арасындағы температураны өлшеуге негізделген сұйық жылуоқшаулағыш 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.  $\lambda_u$  жылу өткізгіштік (жылу беру) коэффициенті 2.35 теңдеуімен анықталады деп болжанады:

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

мұндағы:

$\delta_u$  – сұйық жылуоқшаулағыш жабынның қалыңдығы;

$\delta$  – материал қабатының қалыңдығы;

$\lambda$  – материалдың жылу өткізгіштік коэффициенті;

$t_{un}$  – жоғарғы қабаттың оқшауланбаған сыртқы бетінің температурасы;

$t_{ins}$  – жылуоқшаулағышы бар материалдың жоғарғы қабаты мен металл пластинаның жанасу бетіндегі температура.

Қисық беттердегі жылуоқшаулағыш 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. Жылуоқшаулағыштың цилиндрлік үлгісінің  $\lambda$  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;

$r_1$  – жылуоқшаулағыш қабаттың сыртқы бетінің радиусы;

$r_2$  – жылуоқшаулағыш қабаттың ішкі бетінің радиусы;

$T_1$  – жылуоқшаулағыш қабаттың сыртқы бетінің температурасы;

$T_2$  – жылуоқшаулағыш қабаттың ішкі бетінің температурасы.

Зерттеу жүргізу кезінде зерттеу сипаттамаларын 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  $\lambda_{eff}$  2.37 теңдеуімен анықталады:

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

мұндағы:

$d$  – үлгінің қалыңдығы, мм;

$R$  – жылу кедергісі,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

2.37 теңдеуіне сәйкес жылу кедергісі келесідей есептеледі:

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

мұндағы:

$\Delta T$  – үлгінің қарама-қарсы беттері арасындағы температура айырмашылығы, К;

$q$  – үлгі арқылы өтетін стационарлық жылу ағынының тығыздығы,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

МЕМСТ-та сусымалы материалдың жылу өткізгіштігін өлшеу үшін оны түбі мен қақпағы жұқа парақ 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,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;

$R_L$  – қораптың түбі мен қақпағы жасалған парақ материалының ыстыққа төзімділігі,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Сонымен қатар, сыналатын үлгінің  $\lambda_{effu}$  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;

$\Delta T_u$  – сыналатын үлгінің беттік шекараларының температура айырмашылығы, К.

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  $\delta_{СЖОЖ}$  қабатын анықтауға негізделген әдістемені ұсынады. «ИТС-1» өлшегішінің көмегімен жалпақ үш қабатты үлгі арқылы стационарлық жылу ағынының өтуі кезінде  $\lambda_{ЭКВ}$  жылу өткізгіштігінің эквивалентті коэффициенті анықталады. Оның сұйық жылуоқшаулағыш жабын үшін жылу өткізгіштік коэффициенті 2.41 теңдеуімен анықталады:

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

мұндағы:

$\lambda_{ЭКВ}$  – үш қабатты үлгінің эквивалентті жылу өткізгіштік коэффициенті;

$\lambda$  – эталонның жылу өткізгіштік коэффициенті;

$\delta$  – бір эталонның қалыңдығы;

$\delta_{СЖОЖ}$  – сұйық жылуоқшаулағыш қабатының 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 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.

## 2.12 Жылтырлық дәрежесін анықтау

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 (Қосымша Г, сурет Г.12) [129].

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

Кесте 2.4 – Бет түріне байланысты өлшеу бұрышын таңдау

Өлшеу бұрышы	Бетінің түрі
20°	Жоғары жылтыр бояулар (автомобильдер), пластмассалар, лак және жылтыратылған металл
60°	Бояулар, металдар, анодталған эмбебап алюминий, пластмасса және лак
85°	Авиациядағы күңгірт бояулар мен камуфляж, әскери қолдану, жиһаз 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.

Кесте 2.5 – Жылтырлығы бойынша тегіс монохроматикалық жабындардың жіктелуі

Жабындарға арналған жылтырлық дәрежесі					
жоғары жылтыр	жылтыр, оның ішінде лессірлеу әсері бар	жартылай жылтыр	жартылай күңгірт	күңгірт	терең күңгірт
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



## **Екінші тарау бойынша тұжырым**

1. СЖОЖ алу үшін бастапқы байланыстырғыш материалдардың бастапқы бөлшектері ретінде эпоксидті шайырдың екі түрі: ЭД-20 және модификацияланған Этал-247, қатайтқыштар ретінде Этал-1440Н, Этал-45М, Этал-1460, ПЭПА қолданылды;

2. Толтырғыш ретінде Өтесай кен орны диатомитінен синтезделген микрокремнезем, пластификатор – дибутилфталат және араластырғыш сұйықтық бутанол қолданылды;

3. Технологиялық үрдіс ең алдымен материалдарды тиімді байланыстырғыш және толтырғышын анықтау мақсатында, эпоксидті-полимерлі композиттерді синтездеуден және СЖОЖ алудың жолдарынан тұрады;

4. Шайырлардың тұтқырлығы ВЗ-4 визкозиметрімен анықталды, микрокремнеземнің физика-химиялық қасиеттері рентген-флуоресцентті спектрометр (РФС), ИҚ-спектроскопия, термогравиметриялық талдау (ТГТ), сканерлеуші электронды микроскопия (СЭМ) қондырғыларында анықталды;

5. Алынған үлгілердің жылуөткізгіш қасиеттері ИТС-1 және адгезиялық қасиеттері ПСО МГ4 қондырғыларында зерттелді.

Осы тарауда сипатталған толтырғыштар мен жабындардың қасиеттерін зерттеу кешені диссертацияда қойылған міндеттерді толығымен орындауға және алынған нәтижелердің сенімді негізділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

### **3 ЖҰҚАДИСПЕРСТІ МИНЕРАЛДЫ ТҮЙІРШІКТІ ЖҮЙЕЛЕР НЕГІЗІНДЕ ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЖЫЛУОҚШАУЛАҒЫШ ЖАБЫНДАРДЫ СИНТЕЗДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ**

Дәстүрлі жылудан қорғайтын материалдар (талшықты материалдар, көбікті және бүріккіш полимерлер) ылғалдылықтың жоғарылауы, металл негізінің астыңғы қабатының коррозиясы, жылу, жарық және ылғалдылық әсерінен жабынның бұзылуы сияқты бірқатар кемшіліктерге ие.

Жылудан 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 адгезиялық қасиеттері бар жабындар түзеді. Көбінесе байланыстырушы ретінде келесі полимерлерге негізделген су дисперсиялары қолданылады: полиакрилат, полибутадиен, полиуретан, поливинилацетат, стиролмен акрилат сополимерлері, бутадиен стирол сополимері, поливинил спирті және олардың қоспалары [131]. Қазіргі уақытта эпоксидті шайыр негізіндегі сұйық жылуоқшаулағыш материал ең қолданбалы болып табылады. Алайда, бұл композициялар бірқатар жағдайларда физика-механикалық және жылудан қорғайтын қасиеттерге ие емес.

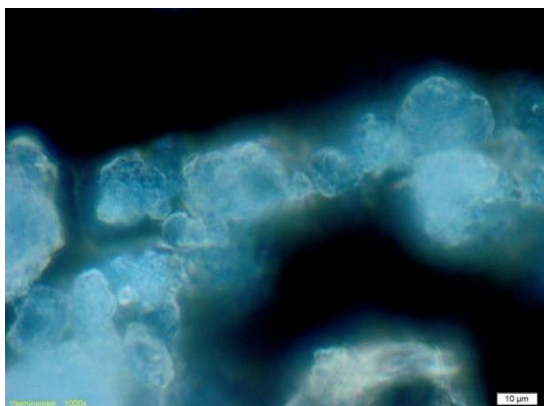
Сондықтан, пайдаланылатын жылу энергиясының жоғалуын азайтуға мүмкіндік беретін жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелерді қолдана отырып, жаңа жылуоқшаулағыш жабындарды синтездеу бойынша кешенді зерттеулер өзекті мәселе болып табылады.

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 параметрлерді анықтау**

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.

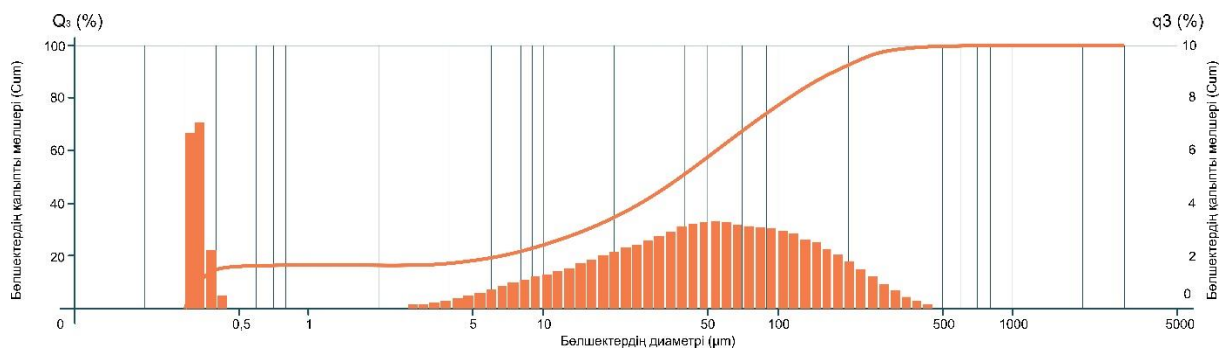
Зерттеудің осы кезеңінде дисперсті микрокремнезем дисперсті бөлшектерінің пішіні, өлшемдері және беті OLYMUSGX-71 инверттелген микроскобымен зерттелді. 3.1-суретте аморфты кремний диоксидінің микрографы көрсетілген.



Сурет 3.1 – Аморфты кремний диоксиді бөлшектері

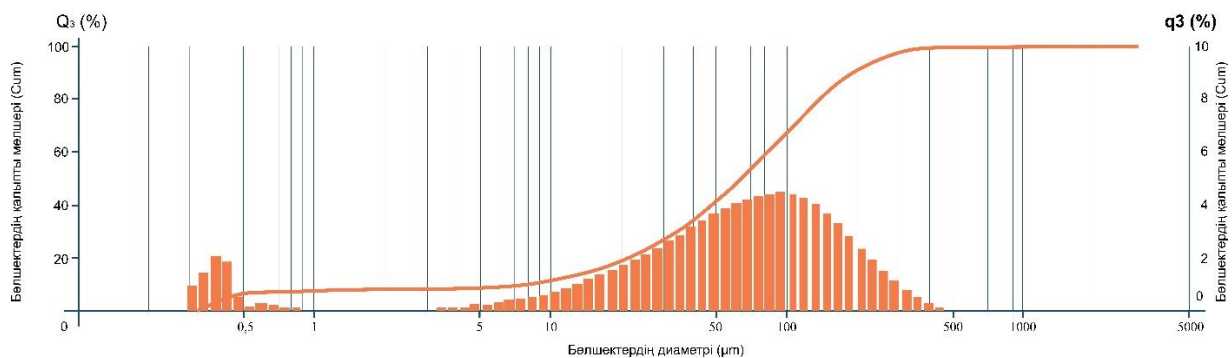
Алынған үлгінің микрографын талдау дисперсті кремнеземдердің бөлшектері кеуекті құрылымға ие бола алатындығын, бөлшектер агрегаттарға (кластерлерге) біріктіріліп, әрі қарай дамыған кеуекті кеңістігі бар үлкен агломераттар түзетіндігін көрсетті.

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

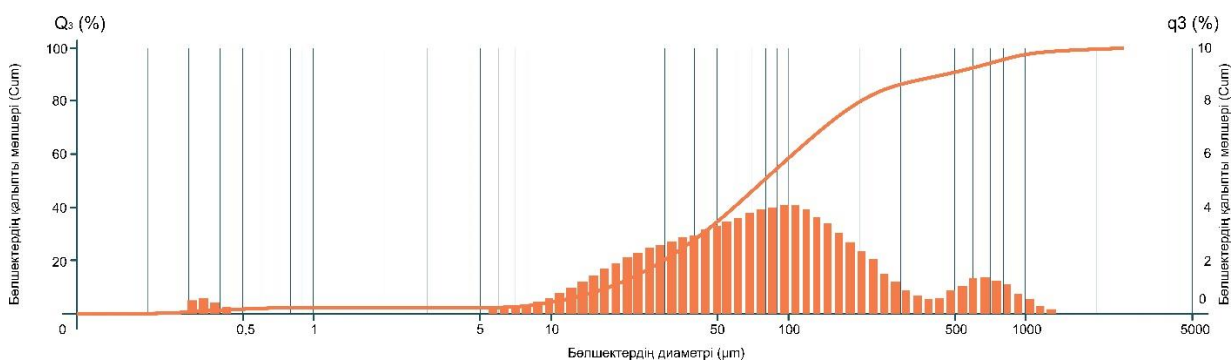


Сурет 3.2 – Өтесай кен орнының диатомиті негізінде алынған дисперсті микрокремнеземнің гранулометриялық гистограммасы

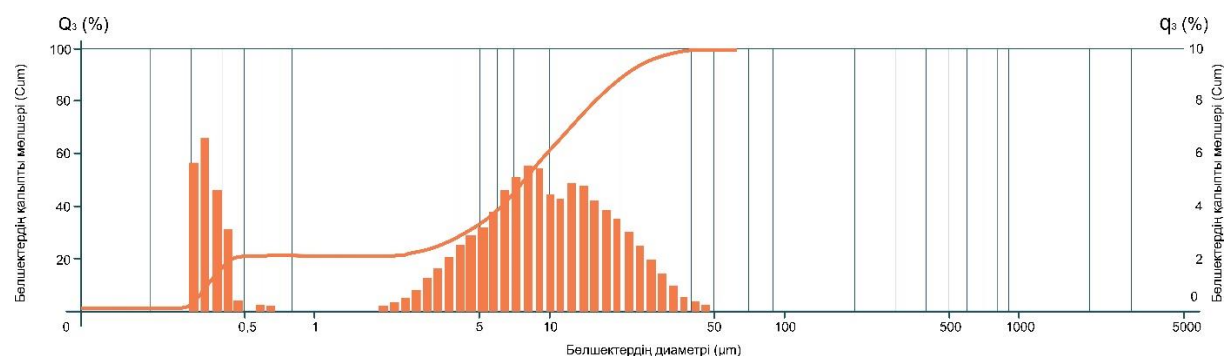
Микрокремнезем бөлшектерін салыстыру үшін микрокремнеземнің басқа белгілі түрлері зерттелді (Сурет 3.3): табиғи диатомит (Сурет 3.3а), ақ күйе (Сурет 3.3ә) және FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы (Сурет 3.3б).



а)



ә)



б)

а) табиғи диатомит; ә) ақ күйе; б) FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы;

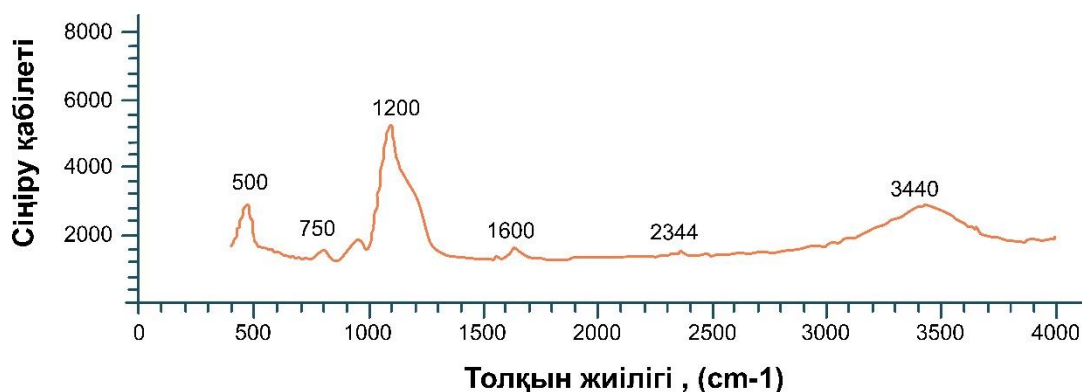
Сурет 3.3 – Гранулометриялық гистограммалар

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;
- 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.

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  $\text{cm}^{-1}$  толқындық сандар диапазонындағы Фурье-спектрометрінде анықталды. Спектрлік ИҚ талдау қисықтары 3.4-суретте көрсетілген.



Сурет 3.4 – Өтесай диатомитінен алынған микрокремнеземнің инфрақызыл спектрлері

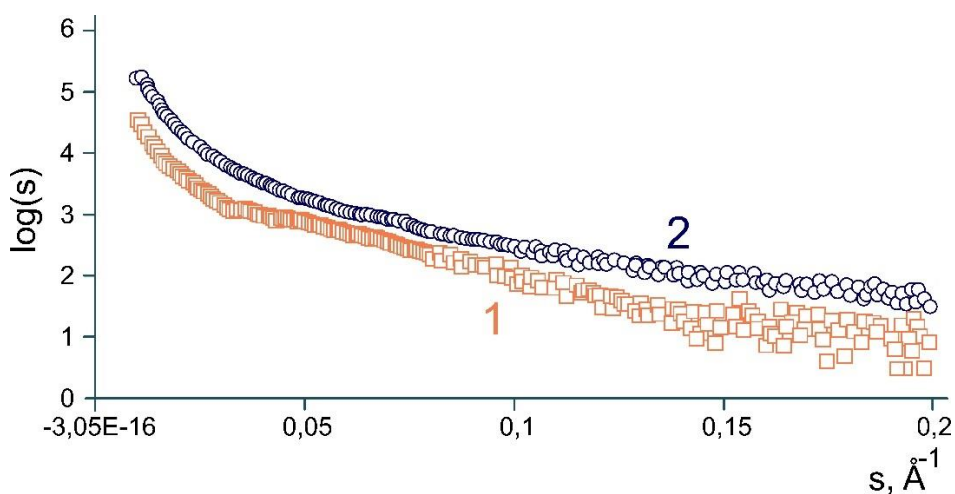
ИҚ спектроскопиясының нәтижелері минералды ұнтақ құрамында кремний диоксиді (аморфты) бар екенін, оның инфрақызыл спектрінде Si-O-Si байланыстарының тербелістеріне сәйкес келетін сызықтар мен сіңіру жолақтары бар екенін көрсетті: 250-1200  $\text{cm}^{-1}$  толқындық сандар диапазонында, 500  $\text{cm}^{-1}$  және 750-850  $\text{cm}^{-1}$  аймақтағы екі кіші максимум және бір маңызды 1096-1104  $\text{cm}^{-1}$  аймағында, 1200-4000  $\text{cm}^{-1}$  толқындық сандар диапазонында 1600-1640  $\text{cm}^{-1}$ , 2344-2368  $\text{cm}^{-1}$  екі кіші шыңдар және 3440-3480  $\text{cm}^{-1}$  аймағында бір маңызды, және олар ОН гидроксил топтарының тербелістеріне сәйкес келетінін көрсетті. 1600-1640  $\text{cm}^{-1}$  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, жұқадисперсті 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]. Микрокремнеземнің құрылымдық гетерогенділігінің [133] және Өтесай кен орнының табиғи диатомитінен алынған микрокремнезем ұнтағының ерекшеліктері зерттелді.

Шашырау координаты ретінде шашырау векторының модулінің шамасы  $s=4\pi\sin\theta/\lambda$  пайдаланылды, мұндағы  $2\theta$  – шашырау бұрышы,  $\lambda=1,5418\text{Å}$  – қолданылатын сәулеленудің толқын ұзындығы. Шашырау қарқындылығы 0,0094-тен 0,40 Å<sup>-1</sup>-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 кремнезем бөлшектерінің тығыздығы мен кеуектері арасындағы үлкен айырмашылықтан туындаған күрт контрастқа байланысты. 3.5-суретте Өтесай кен орнының табиғи диатомиті мен FRONT-VIP оқшаулағыш панелінің толтырғыш ұнтағының эксперименттік КБРШ қисықтары көрсетілген. Басқа үш микрокремнеземнің шашырау индикаторлары FRONT-VIP қисығына ұқсас.

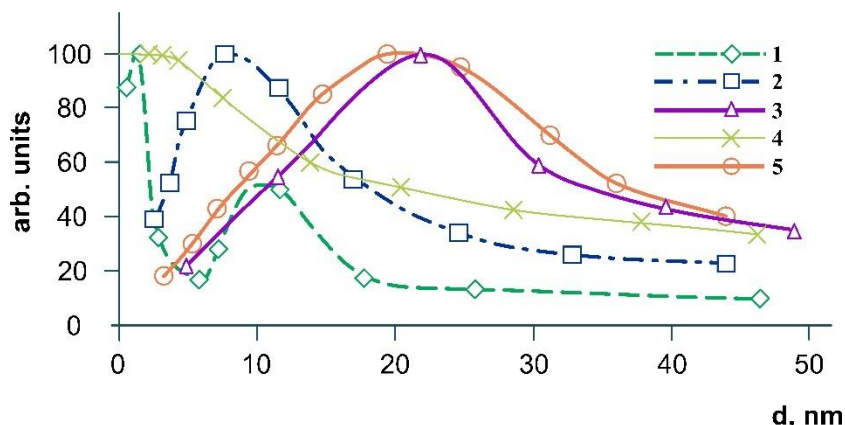


1 – табиғи диатомит; 2 – FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы;

Сурет 3.5 – Дисперсті ұнтақтардың кіші бұрыштық рентгендік шашырау қисықтары

Диффузиялық гетерогенділіктің өлшемдері бойынша шамамен таралу функцияларын табу үшін (сфералық пішінді бөлшектер үшін) КБРШ қисықтары  $\ln I(s) - s^2$  координаттарына қайта құрылды. Китайгородской әдісін қолдана

отырып, 3.6-суретте көрсетілген тәуелділіктері алынды. Микрокремнезем дисперстерінің өлшемдері бойынша кеуектердің таралу қисықтары айқын максимумдарға ие және табиғи диатомиттің ұқсас функциясы бимодальды болып табылады. 3.1-кестеде үлестіру қисықтарын талдау нәтижелері:  $d_v$  үлестіру функцияларының максимумдары; диффузиялық гетерогенділіктің сызықтық өлшемдері шамаларының орташа мәндері  $\langle d \rangle$ ;  $\Delta d$  таралу функцияларының дисперсиялары келтірілген.



1 – табиғи диатомит; 2 – Өтесай кен орны диатомитінен алынған микрокремнезем; 3 – конденсацияланған микрокремнезем; 4 – ақ күйе; 5 – FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы;

Сурет 3.6 – Дисперсті гетерогенділіктің мөлшері бойынша таралуы

Жалпы, зерттелген дисперсті ұнтақтардың шашыраңқы гетерогенділігінің орташа сызықтық өлшемдері 10-30 нм мәнге ие, бұл халықаралық теориялық және қолданбалы химия одағы (ЮПАК) ресми түрде қабылдаған М.М. Дубинин классификациясына негізделген мезопораларға сәйкес келеді. Оларда су молекулаларының капиллярлық конденсациясы жүреді, олар дисперсті ұнтақтарды қыздыру (қатайту) 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 шашыраудың фракталдық сипаты бар екенін көрсетті. Осы біртектіліктердің фракталдық өлшемдерін анықтау үшін көрсетілген координаттарда салынған шашырау қисығының сәйкес сызықтық аумағының көлбеуін 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 аралықтарында  $\alpha < 4$  тіпті бүтін емес көрсеткіш мәні бар  $I(s) \sim s^{-\alpha}$  шашырау индикаторының дәрежелік құлдырауы байқалуы керек.  $1 \leq \alpha < 3$  кезінде  $I(s)$  қуатының төмендеуі  $D_s = \alpha$  өлшемімен фракталдық кластерлерден немесе

нанобөлшектер агрегаттарынан (массалық фракталдардан) шашырауға тән.  $3 < \alpha < 4$  болған жағдайда фракталдық өлшемі  $D_s = 6 - \alpha$  ретінде анықталатын тегіс емес фракталдық беті бар нанобөлшектерден шашырау байқалады. Бұл жағдайда  $I(s)$  көрсеткіші  $\alpha = \Delta \lg I(s) / \Delta \lg s$  ретінде анықталады.

Кесте 3.1 – Дисперсті микрокремнеземдердің кеуектерінің мөлшері бойынша таралуы

№	Ұнтақ түрі	$d_v$ , нм	$\langle d \rangle$ , нм	$\Delta d$ , нм
1	Табиғи диатомит	2-10	2-7	7-15
2	Өтесай диатомитінен алынған микрокремнезем	8	12	3-18
3	Конденсацияланған микрокремнезем	22	26	10-34
4	Ақ 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:  $0,013-0,026 \text{ \AA}^{-1}$ ,  $0,031-0,061 \text{ \AA}^{-1}$  және  $0,067-0,095 \text{ \AA}^{-1}$ . Бұл аймақтар үшін  $\alpha$  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  $D = \alpha = 2,59$  фракталдық өлшемі бар массалық фракталдар сияқты әрекет етеді. Индикатордың екінші түзу сызықты бөлігі  $d = 1,56$  фракталдық өлшемдегі гетерогенділікке сәйкес келеді, олар нано- және микрометрлік масштабтағы сфералық кеуектердің қисық тізбектері түріндегі кластерлер немесе кеуекті арналар болуы мүмкін. Өтесай кен орнының табиғи диатомиты негізіндегі микрокремнезем ұнтағында жаппай фракталдардан басқа, фракталдық интерфейсі бар гетерогенділік байқалады. Мұндай гетерогенділіктің өлшемдері 7-9 нм, ал фракталдық өлшемі  $D_s = 6 - \alpha = 2,27$ . Фракталдық өлшемнің бұл мәні өте тегіс бетінің  $D_s = 2,0$ , ал кедір-бұдыр кеуекті бетінің  $D_s = 3,0$  екенін ескерсек, аздап кедір-бұдырлық бетке сәйкес келеді.

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

Мұндай объектілердің масштабы 8-40 нм құрайды. 4-8 нм өлшемдегі шағын кеуектер өлшемі өте қатты кесілген интерфейстерге ие ( $D_s = 2,64$ ). Басқа дисперсті ұнтақтармен салыстырғанда конденсацияланған кремний рентгендік шашыраудың гетерогенділігі жоқ екендігімен ерекшеленеді, ал бұл оны жаппай фракталдарға жатқызуға болады.  $\text{SiO}_2$  бөлшектерінің шекарасы – кеуектерінің өлшемі  $D_s = 2,40$  болатын фракталдық өлшемділікке ие. Ақ күйе өлшемдері 4-25



нм болатын сызықты кеуекті кеңістіктің фракталдық кластерлерін қамтиды. Үлкенірек беті диффузиялық түзілімдер (25-40 нм) шегініспен күшті – олардың фракталдық өлшемі  $D_s=2,83$ . FRONT-VIP ұнтағының  $I(s)-\lg s$  шашырау қисығы екі қиылыс нүктесіне ие: 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 ие.

Барлық зерттелетін материалдардың фракталдық сипаттамалары 3.2-кестеде келтірілген.

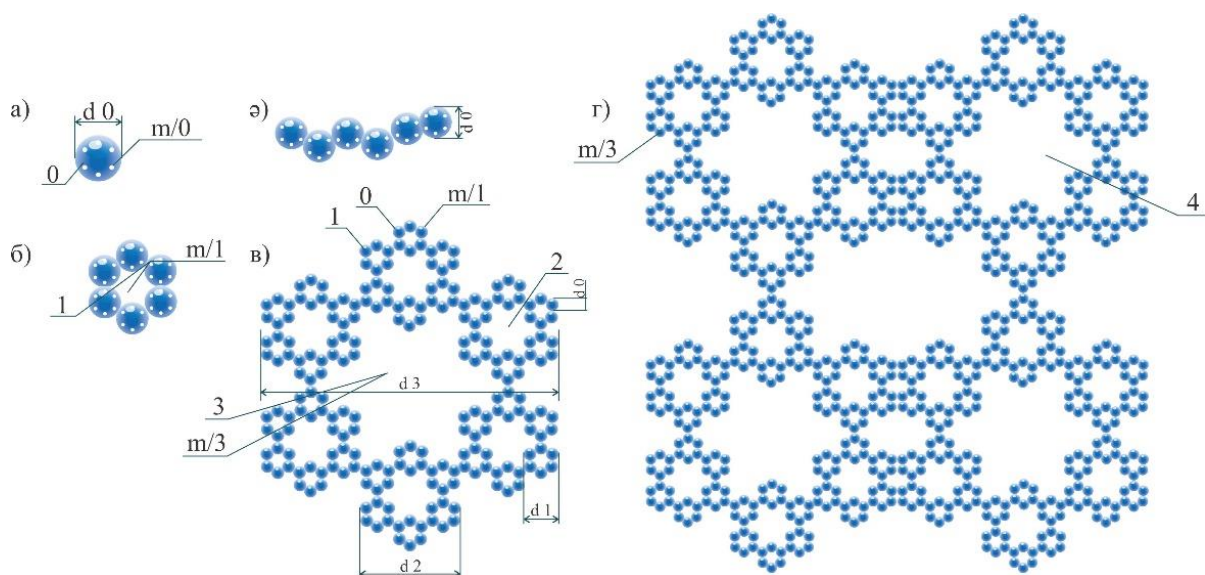
Кесте 3.2 – Зерттелетін материалдардың фракталдық сипаттамалары

Материал	$\Delta s, \text{Å}^{-1}$	$\alpha$	D	$D_s$	d, 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
Ақ күйе	0,016-0,025	3,17	2,66	2,83	25-40
	0,025-0,160	2,66			4-25
FRONT-VIP толтырғыш ұнтағы	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

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 өлшемдегі дисперсті кремнезем бөлшектері мен агломераттарының дамыған кеуекті кеңістігінің болуын растайды, СЖОЖ сияқты гетерогенді жүйелердің тиімді жылу өткізгіштігін есептеу үшін пайдаланылу мүмкіндігін растайды. Дегенмен, конденсацияланған микрокремнезем мен ақ 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 °С-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.

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.

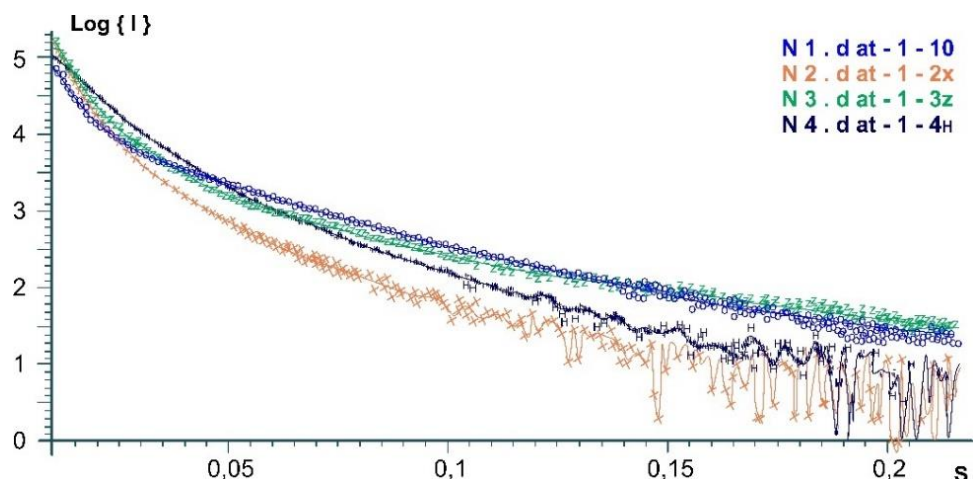


а – бастапқы бөлшек; ә – фибриллярлық (тізбекті) кластер; б – глобулярлық (шарлы) кластер; в – байланысты кластер (ССА); г – ССА кластерлерінен макроқұрылымның кеңістіктік қаңқасы;

Сурет 3.7 – Дисперсті микрокремнезем құрылымының фракталдық моделі

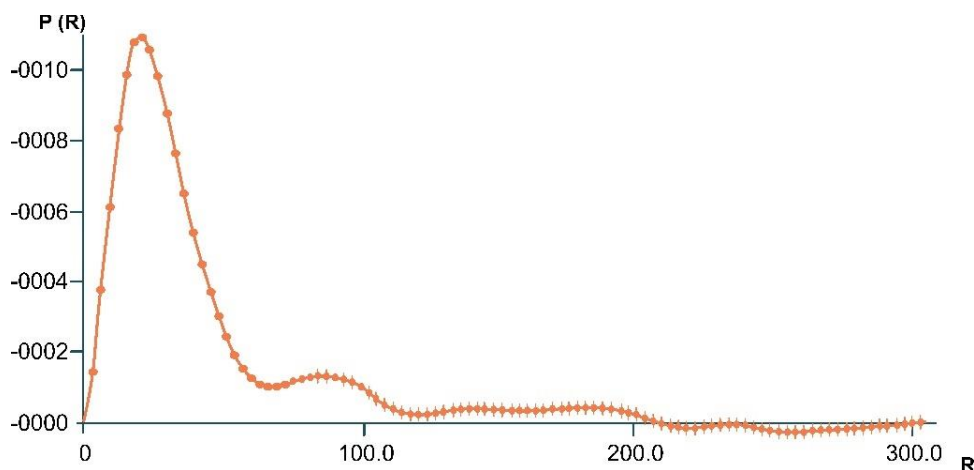
Фракталдық кластер оған бір бөлшектің дәйекті түрде жабысуы нәтижесінде пайда болады, және олардың әрқайсысы кеңістікте диффузиялық қозғалыс жасайды. Кластер өскен сайын оның сфералық симметриясының бұзылуы азаятыны эксперименталды түрде анықталды. Бұл жағдайда сфералық кластердегі бөлшектердің орташа 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 қасиеттерін 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 (Сурет 3.8).



Сурет 3.8 – Диатомиттен синтезделген аморфты кремний диоксиді үшін  $S$  шашырау векторының модулінен  $J(S)$  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  $d=7,5\div 14,9$  нм өлшемде ұсынылған. 3.9-суретте синтезделген кремний диоксидінің шашыраңқы бөлшектерінің өлшемдері бойынша таралу қисығы келтірілген, оның талдауынан  $d=4\div 8$  нм өлшемі бар шағын масштабты фракталдық түзілімдер сәулеленудің таралуына негізгі үлес қосатыны айқындалған.



Сурет 3.9 – Синтезделген кремнеземнің шашыраңқы бөлшектерінің ( $\text{\AA}$  ангстремдарда)  $R$  өлшемдері бойынша таралуы

Аморфты микрокремнезем кеуекті жүйелерінің фракталдық қасиеттері 3.3-кестеде келтірілген.

Кесте 3.3 – Диатомиттен синтезделген аморфты микрокремнеземнің фракталдық қасиеттері

№	Параметрі	$\Delta S, \text{Å}^{-1}$	$\alpha$	D	$D_s$	d, нм
	Үлгі					
1	Аморфты микрокремнезем	0,0159-0,0251	2,32	2,32	2,64	40-25
		0,0251-0,0794	2,13			25-8
		0,0794-0,1585	3,36			8-4
2	Конденсацияланған микрокремнезем	0,0159-0,1585	3,60	2,13	2,40	40-4
3	Ақ күйе	0,0159-0,0251	3,17	2,66	2,83	40-25
		0,0251-0,1585	2,66			25-4
4	FRONT-VIP	0,0159-0,0316	2,59	2,59	2,70	40-20
		0,0316-0,0562	3,30			20-12
		0,0562-0,1585	4,10			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  $\rho_0=2,2 \text{ г/м}^3$ , фракталдық өлшемі  $D=2,5$ .

Тығыздық пен кеуектіліктің есептік мәндері 3.4-кестеде келтірілген.

Кесте 3.4 – Диатомиттен синтезделген микрокремнезем кластерлерінің тығыздығы мен кеуектілігі

$i$	0	1	2	3	4	5	6
$r_i, \text{нм}$	1,0	5,0	10,0	40,0	100,0	300,0	1200,0
$r_0(1)/r_i$	1,0	0,2	0,1	0,025	0,01	0,003	0,00083
$\rho_1(r_i), \text{г/см}^3$	2,2	0,97	0,7	0,35	0,22	0,132	0,066
$\Pi_1(r_i), \%$	0	56	68	84	90	94	97
$r_0(2)/r_i$	1	0,4	0,2	0,05	0,02	0,006	0,00166
$\rho_2(r_i), \text{г/см}^3$	2,2	1,39	0,98	0,49	0,311	0,18	0,089
$\Pi_2(r_i), \%$	0	37	56	78	86	92	96
$R_{max}, \text{нм}$	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 қалыптасу 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 карағанда тығыздықтың төменгі электронымен (параметр  $\alpha=4,10$ ) сипатталатындығын көрсетті.

Кіші бұрышты рентгендік шашырау әдісімен алынған нәтижелерді талдаудан келесі қорытындылар жасауға болады:

1. Өтесай кен орнының диатомитінен алынған микрокремнезем наноөлшемді деңгейдегі полидисперсті құрылымға, сонымен қатар дамыған кеуекті құрылымға ие. Ұнтақтардың шашыраңқы бөлшектері әртүрлі фракталдық өлшемдері бар массалық фракталдардан тұрады.

2. Диффузиялық гетерогенділіктің интерфейстері фракталдық сипатта болады, ал гетерогенділіктің өзі (аморфты кремний диоксиді – кеуек бөлшектері) наноөлшемді кластерлер түзуі мүмкін. Рентген сәулелерінің шашырауына үлес қосатын бөлшектердің сызықтық өлшемдері 4-40 нм шегінде жатыр.

3. Аморфты кремний диоксидінің мөлшері бойынша бөлшектердің таралу функцияларының максимумдары – 5 нм және 17 нм; конденсацияланған микрокремнезем – 6 нм, 23 нм және 34 нм; ақ күйе – 4 нм, 17 нм, 26 нм және 34 нм; FRONT-VIP ұнтағы – 8 нм және 24 нм мәндеріне келеді.

Алынған нәтижелер нанометрлік дисперсті кремний диоксиді бөлшектері мен агломераттарының дамыған кеуекті кеңістігінің болуын растайды. Тиімді жылу өткізгіштік гетерогенді жүйелерін есептеу үшін әр түрлі жолмен 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 және қатайтқыш түрін таңдау**

Полимерлі материалдар саласындағы ғылыми зерттеулер полимерлердің қасиеттері мен олардың экспозиция жағдайындағы төзімділігі негізінен қолданылатын қатайтқыш 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 қатайтқыштарды қоса, қатайтқыш жүйесі полимерлердің 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 қатайтқыштардың ең тиімді комбинацияларын анықтауға мүмкіндік береді.

Эпоксидті байланыстырғыштардың беріктік қасиетін жоғарлату мақсатында модификациялаудың химиялық әдісі қатаю процесіне қатысатын және полимерлі тордың құрылымына енетін пластификаторларды құрамына енгізу арқылы жүзеге асырылады. Эпоксидті шайырлардың химиялық модификаторларының ең перспективті тобы ретінде қатаң айқаспалы полимер матрицасына белгілі бір икемділік беретін, температураның күрт өзгеруі кезінде беріктіктің ауытқуын, соққы беріктігін, жабындардың икемділігін және қатаю 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 қатайтқыштар енгізілді.

Кесте 3.5 – Зерттерлетін эпоксидті полимерлердің құрамдары

Құрам нөмірі	Эпоксидті шайыр маркасы	Қатайтқыш маркасы	Шайыр:Қатайтқыш 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

Берілген қатынастарда технологиялық талаптарға сәйкес дайындалған үлгілер зерттеу жүргізуге тағайындалды. Аталған 4 түрлі қатайтқыш 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 қатайтқыш түрлерімен байланыстарының өміршеңдік көрсеткіштері келтірілген.

Кесте 3.6 – Эпоксидті шайырлардың зерттелетін құрамдарының технологиялық көрсеткіштері

Құрам нөмірі	Эпоксидті шайыр маркасы	Қатайтқыш 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 қатайтқыштың түріне байланысты физикалық-механикалық қасиеттердің айтарлықтай өзгеруін көрсетеді. Берілген құрам қатынастар негізінде дайындалған үлгілердің созылу беріктігі 3.7-кестеде келтірілген.

Кесте 3.7 – Эпоксидті шайырлардың зерттелетін құрамдарының созылу беріктіктерінің шегі

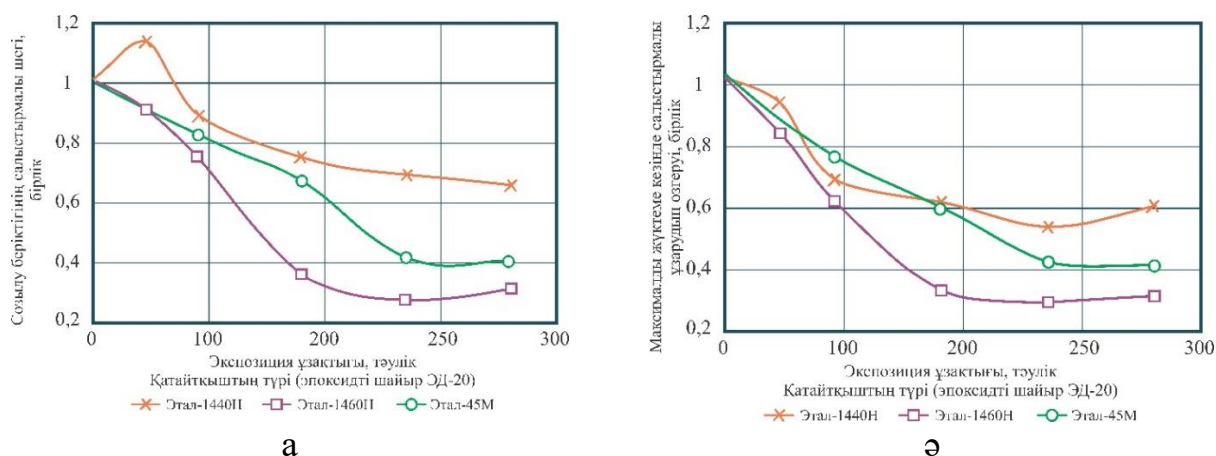
Құрам нөмірі	Эпоксидті шайыр маркасы	Қатайтқыш маркасы	Зерттелетін сипаттама
			Созылу беріктігінің шегі, МПа
1	ЭД-20	Этал-1440Н	48,91
2		Этал-1460	28,12
3		Этал-45М	29,89
4		ПЭПА	31,56
5	Этал-247	Этал-1440Н	43,92
6		Этал-1460	32,21
7		Этал-45М	29,88
8		ПЭПА	33,14

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 бөлме температурасындағы өміршеңдігі 112, 128 минут сәйкесінше көрсеткіштерді көрсетті, яғни Этал-1440Н қатайтқышпен араластырылған композиттер басқа қатайтқыштармен салыстырғанда тұтқырлығы төмен және

шайырдың жабын материалды алу ретінде таңдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, Этал-247+Этал1440Н созылу беріктігінің шегі – 43,92 МПа көрсетті. Ал ЭД-20+Этал-1440Н композитінің 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 аспады. 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 сынғыштығымен байланысты (3.10, ә-сурет).



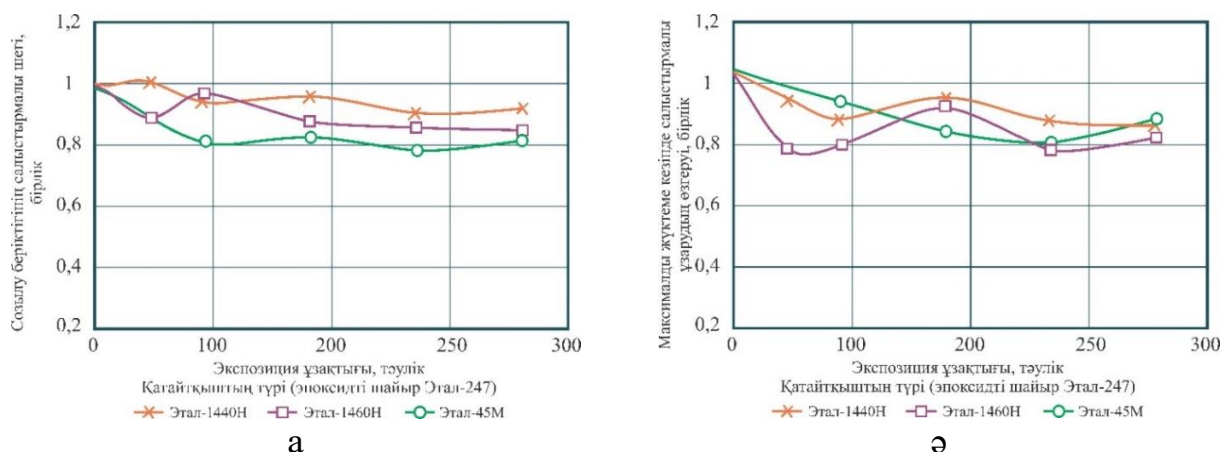
Сурет 3.10 – Табиғи экспозиция ұзақтығына байланысты ЭД-20 шайырына қатайтқыштар әсері

Табиғи сынақтардың нәтижелеріне сәйкес, Этал-1440Н қатайтқышы негізіндегі композициялар ең үлкен климаттық төзімділікке ие (3.11, а-сурет). 10 айлық заттай 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 – ЭШ созылу кезінде беріктігі; ә – салыстырмалы ұзару шегінің өзгеруі;

Сурет 3.11 – 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, максималды жүктеме кезінде салыстырмалы ұзару 7,7 және 3,6 есе азаяды. Этал-1440Н аминді қатайтқышпен қатайтылған үлгілер үшін созылу кезінде деформацияның максималды 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 Оқшаулағыш жабын алу үшін байланыстырғыштың оңтайлы маркасын анықтау мақсатында эпоксидті шайыр композиттерінің табиғи климаттық факторлар әсеріне түс беріктігін анықтау

Серпімділік-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 жүргізушуге қойылатын талаптар тізімі және сынақтарды визуалды салыстыру үшін тест сынақтар түрлері, сонымен бірге сынақты жүргізу барысында жарықтандыру мен қарау кезіндегі шарттар

қосымша қиындықтар туындатады және аталған тәсілді толыққанды қолдануға мүмкіндіктерді шектейді. Ал үлгі (эталон) негізінде салыстыру арқылы картотека жасалып, әр боялған жабындар салыстырмалы түрде түс өзеруіне сыналады [137].

Аталған екі тәсілдің белгілі бір шарттары мен түс ерекшеліктерінің субъективті айқындалуын ескере отырып, жаңа компьютер технологиялар мен сандық мәндермен анықтаған жөн. Ұсынылған тәсілдердің негізінде түс функциясы ретінде көрсетілген зерттелетін бетті сканерлеу кезінде материал құрылымының растрлық бейнесін алу мүмкіндігі жатыр. Сканерлеудің түрлі-түсті нұсқасында белгілі бір түсті модельді қолдану арқылы оның құрамдас бөліктеріне негізделген түсті ресми сипаттау әдісін 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 оқшаулағыш және сәндік жабындардың түсін сипаттау үшін *СМУКН* субтрактивті модельді қолдану ұсынылады [138]

Климаттық әсерге төзімділігі жоғары оқшаулағыш-сәндік жабындарға арналған құрамды таңдау 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.

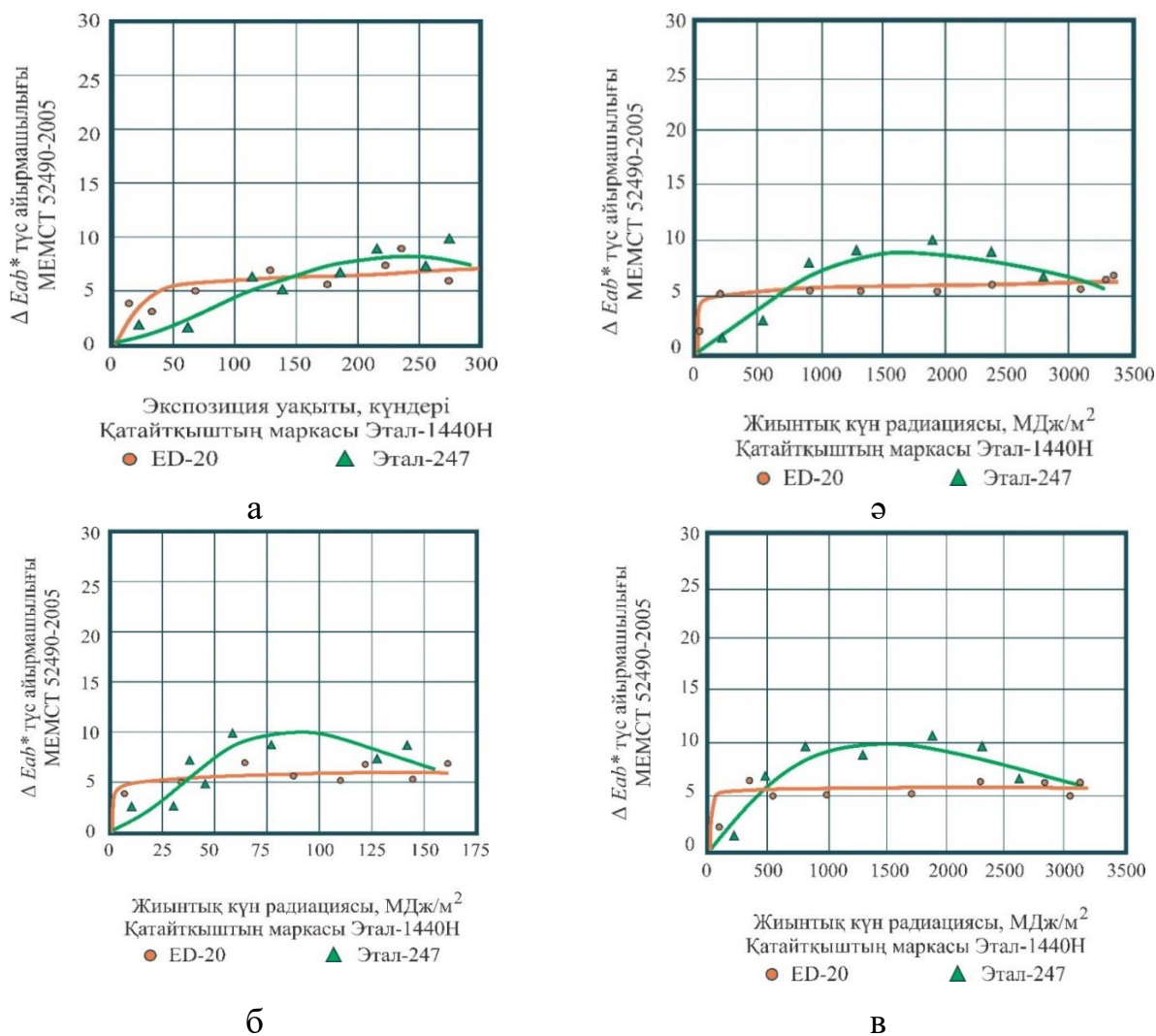
Тұжырымдалған мәселені шешудің мүмкін жолын қоршаған орта факторларының сандық мәндеріне байланысты материалдардың қасиеттерін өзгертудің математикалық модельдерін жасау деп санауға болады. Бұл зерттелетін материалдардың қасиеттерінің өзгеруін «нақты уақытта» бағалауға мүмкіндік береді, өйткені өнімнің немесе құрылымның 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 жеңуге болады.

Алынған деректерді талдаудан пайдаланылған шайырлардың 2 түрі үшін толық түс айырмашылығы  $\Delta E_{ab}^*$  анықталды (Сурет 3.12) және түс реңіндегі айырмашылық  $\Delta H_{ab}^*$  (Сурет 3.13) Этал-247 эпоксидті шайыр негізіндегі полимер үшін 210÷240 күндік максималды мәндерге жеткеннен кейін түс айырмашылықтарының күрт төмендеуі байқалады (сурет. 3.12, 3.14). 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 қатайтқышымен қатайтылған кездегі табиғи-климаттық зерттеу барысында полимерлердің  $\Delta E_{ab}^*$  түс айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жиынтық күн радиациясына, А диапазонның және В диапазонның жиынтық ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.12-суретте келтірілген.



а – экспозиция ұзақтығы; ә – жиынтық күн радиациясы; б – А диапазонның жиынтық ультракүлгін сәулеленуі; в – В диапазонның жиынтық ультракүлгін сәулеленуі;

Сурет 3.12 – Эд-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделген полимерлердің  $\Delta E_{ab}^*$  түс айырмашылығының климаттық факторларға әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі

Зерттеу нәтижелері бойынша жалпы түс айырмасы үшін коэффициенттерінің сандық мәндері  $\Delta E_{ab}^*$  экспозиция басталғаннан ЭД-20 шайыры үшін бастапқы 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 жиықтық күн радиациясының 750÷3020 арасында тұрақтылық көрсетсе, Этал-247 осы аралықта бұзылу процесіне ұшырады. А және В диапазондарының 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.

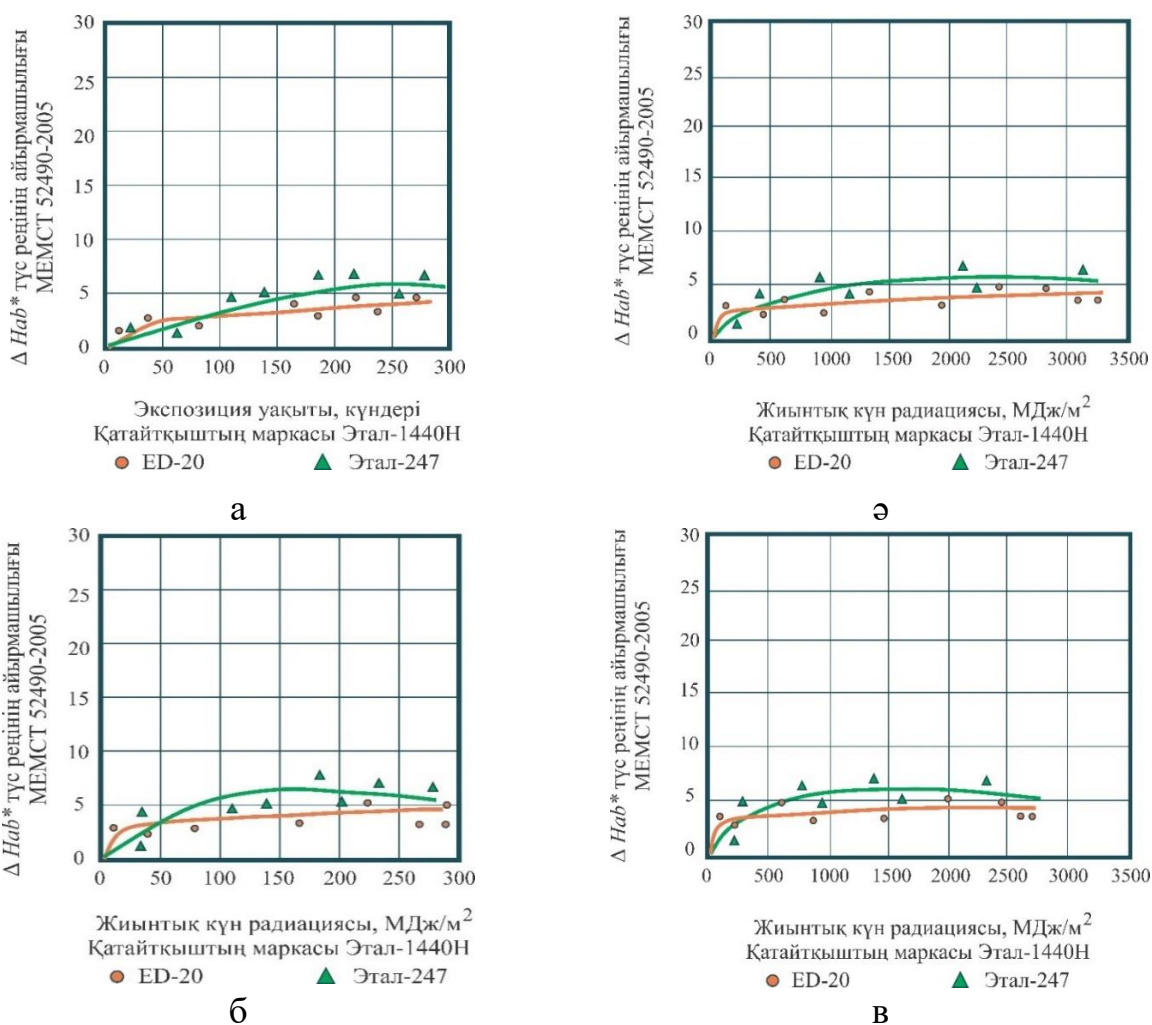
Жалпы түс айырмасы үшін (2.17) теңдеу коэффициенттерінің сандық мәндері  $\Delta E_{ab}^*$  және түс реңінің айырмасы  $\Delta H_{ab}^*$  сәйкесінше 3.8, 3.9-кестелерде келтірілген. 0,72-ден 0,98-ге дейінгі диапазондағы жалпы түс айырмашылығы үшін өзгеретінін анықтау коэффициенттерінің мәндері алынған модельдердің жеткілікті жоғары сенімділігін көрсетеді. Уақыты және актинометриялық параметрлеріне ( $Q$ ,  $U_A$  and  $U_B$ ) байланысты  $\Delta H_{ab}^*$  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 қатайтқышымен қатайтылған кездегі табиғи-климаттық зерттеу барысында экспозиция уақытының әсерін, жалпы күн радиациясының қарқындылығы, А және В диапазондарының ультракүлгін сәулеленуінің табиғи сәулеленген ЭШ  $\Delta E_{ab}^*$  түс айырмашылығы әсерін спектрофотометр көмегімен сипаттайтын 2 бөлімде келтірілген теңдеу мәндеріне қою арқылы теңдеу коэффициенттерінің мәндерінің өзгерісі 3.8-кестеде келтірілген.

Кесте 3.8 – ЭШ  $\Delta E_{ab}^*$  түс айырмашылығы әсерін (спектрофотометр) сипаттайтын теңдеу коэффициенттерінің мәндері

Қатайтқыш түрі	Қарастырылатын фактор	Теңдеу коэффициенттерінің мәндері (2.17)			
		$\alpha_x$	$\beta_x$	$\gamma_x$	$R^2$
1	2	3	4	5	6
ЭД-20 эпоксидті шайыры					
Этал – 1440Н	T, тәулік	$8,22 \times 10^{-1}$	$1,99 \times 10^{-1}$	37954	0,947
	Q, МДж/м <sup>2</sup>	1,16	$9,80 \times 10^{-2}$	31989	0,932
	$U_A$ , МДж/м <sup>2</sup>	1,56	$9,60 \times 10^{-2}$	7914	0,932
	$U_B$ , кДж/м <sup>2</sup>	1,82	$3,90 \times 10^{-2}$	56088	0,904
Этал-247 эпоксидті шайыры					
Этал – 1440Н	T, тәулік	$6,00 \times 10^{-4}$	2,12	242	0,844
	Q, МДж/м <sup>2</sup>	$5,00 \times 10^{-4}$	1,52	1758	0,955
	$U_A$ , МДж/м <sup>2</sup>	$2,50 \times 10^{-3}$	2,37	89,3	0,973
	$U_B$ , кДж/м <sup>2</sup>	$3,60 \times 10^{-3}$	1,29	1240	0,972

Қарастырып отырған  $\Delta E_{ab}^*$  толық түс айырмашылығынан бөлек  $\Delta H_{ab}^*$  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 қатайтқышымен қатайтылған полимерлердің  $\Delta H_{ab}^*$  түс реңінің айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жиынтық күн радиациясына, А диапазонның және В диапазонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.13-суретте келтірілген.



а – экспозиция ұзақтығы; ә – жиынтық күн радиациясы; б – А диапазонның жиынтық ультракүлгін сәулеленуі; в – В диапазонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуі;

Сурет 3.13 – Эд-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделген полимерлердің  $\Delta H_{ab}^*$  түс реңінің айырмашылығының климаттық факторларға әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі

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

Экспозиция уақытының әсерін, жалпы күн радиациясының қарқындылығы, А және В диапазондарының ультракүлгін сәулеленуінің табиғи сәулеленген ЭШ  $\Delta H_{ab}^*$  түс реңінің айырмашылығына әсерін спектрофотометр көмегімен сипаттайтын 2 бөлімде келтірілген теңдеу мәндеріне қою арқылы теңдеу коэффициенттерінің мәндерінің өзгерісі 3.9-кестеде келтірілген.

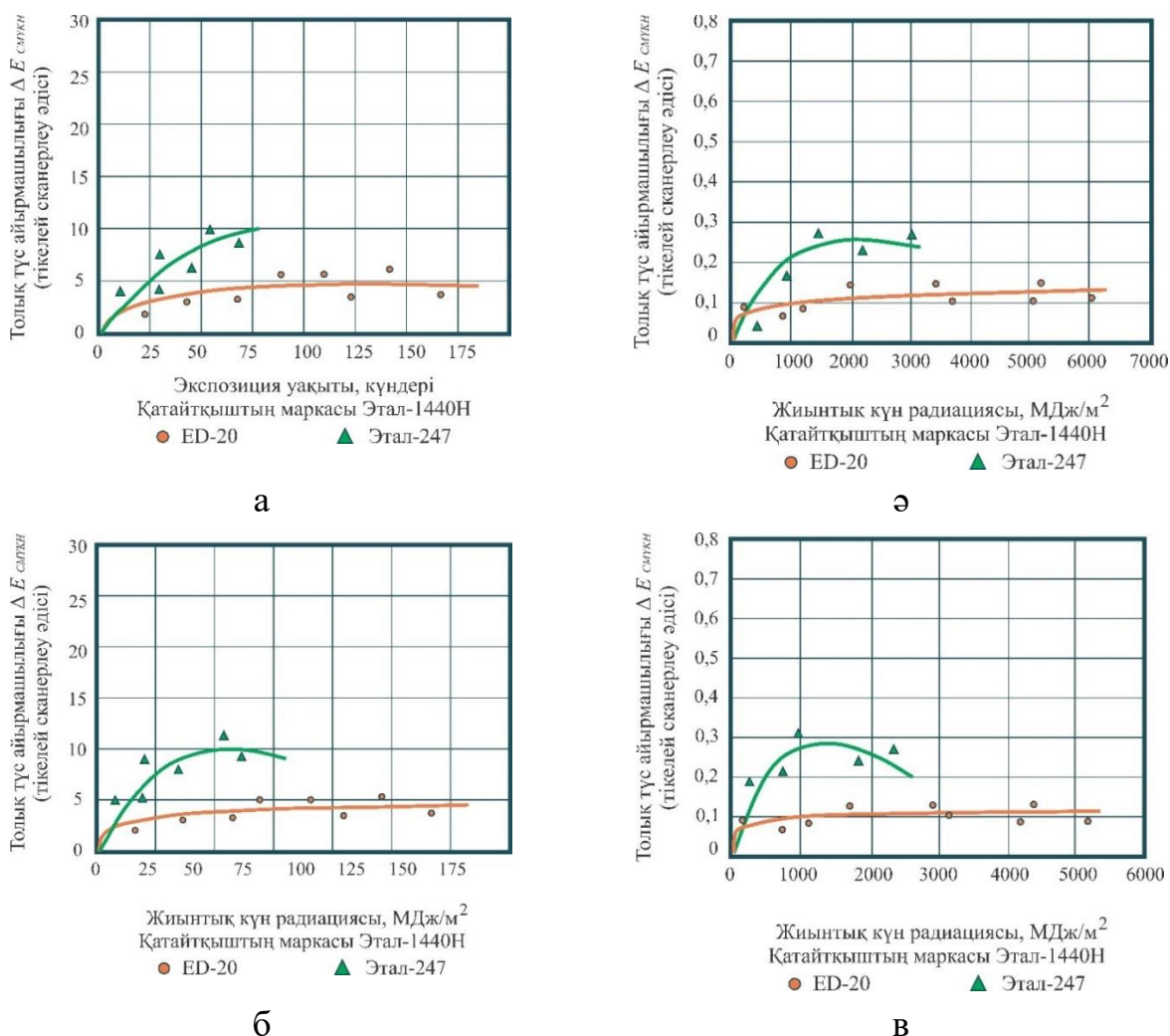
Кесте 3.9 – ЭШ  $\Delta H_{ab}^*$  түс реңінің айырмашылығына әсерін (спектрофотометр) сипаттайтын теңдеу коэффициенттерінің мәндері

Қатайтқыш түрі	Қарастырылатын фактор	Теңдеу коэффициенттерінің мәндері (2.18)			
		$\alpha_x$	$\beta_x$	$\gamma_x$	$R^2$
1	2	3	4	5	6
ЭД-20 эпоксидті шайыр					
Этал – 1440Н	T, тәулік	$1,92 \times 10^{-1}$	$3,14 \times 10^{-1}$	38292	0,802
	Q, МДж/м <sup>2</sup>	$3,03 \times 10^{-1}$	$1,67 \times 10^{-1}$	65902	0,807
	$U_A$ , МДж/м <sup>2</sup>	$4,98 \times 10^{-1}$	$1,66 \times 10^{-1}$	11801	0,809
	$U_B$ , кДж/м <sup>2</sup>	$5,88 \times 10^{-1}$	$8,3 \times 10^{-2}$	40498	0,824
Этал-247 эпоксидті шайыр					
Этал – 1440Н	T, тәулік	$8,00 \times 10^{-4}$	1,77	292	0,913
	Q, МДж/м <sup>2</sup>	$1,84 \times 10^{-2}$	$7,48 \times 10^{-1}$	2608	0,929
	$U_A$ , МДж/м <sup>2</sup>	$4,47 \times 10^{-2}$	1,15	111,5	0,919
	$U_B$ , кДж/м <sup>2</sup>	$4,00 \times 10^{-2}$	$6,87 \times 10^{-1}$	1636	0,904

Толық түс айырмашығын зерттеу барысында ЭД-20 шайырына қарағанда Этал-247 шайырының тұрақсыздығы және ұзақмерзімсіздігінің шамасы 76 тәулік, жиынтық күн радиациясы шегі – 2100 МДж/м<sup>2</sup>, А және В диапазондарының шамасы сәйкесінше 76 МДж/м<sup>2</sup> және 1150 МДж/м<sup>2</sup>-тан кейін бұзылуды көрсетті. Салыстырмалы түрде 3.14-суретте келтірілгендей ЭД-20 экспозиция ұзақтығының барлық уақытында 0,5-0,7% өзгеріске ғана ұшырады және тұрақтылығы Этал-247 қарағанда 99 тәулікке артық, жиынтық күн радиациясына 6225 МДж/м<sup>2</sup>-ге дейін, А диапазоны бойынша 178 МДж/м<sup>2</sup>, В диапазоны бойынша 5300 МДж/м<sup>2</sup>-ге дейін түс айырмашылығының беріктік шамасын көрсетті.

ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделіп Этал-1440Н қатайтқышымен қатайтылған полимерлердің  $\Delta E_{смүкн}$  толық түс

айырмашылығының экспозиция ұзақтығына, жиынтық күн радиациясына, А диапазонның және В диапазонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуіне байланысты климаттық факторлардың әсерінен экспозиция кезінде өзгеруі 3.14-суретте келтірілген.



а – экспозиция ұзақтығы; ә – жиынтық күн радиациясы; б – А диапазонның жиынтық ультракүлгін сәулеленуі; в – В диапазонының жиынтық ультракүлгін сәулеленуі;

Сурет 3.14 – Эд-20 және Этал-247 эпоксидті шайырына негізделген полимерлердің  $\Delta E_{сму\kappa\eta}$  толық түс айырмашылығының климаттық факторларға әсері

«Бояу жабындарының түс компоненттерін статистикалық талдау» бағдарламасын пайдалану қымбат жабдықты пайдалануды қажет етпейді (сканерлеуді кәдімгі планшеттік сканердің көмегімен алуға болады), бұл оны полимерлі және олардың негізіндегі жабындардың колориметриялық сипаттамаларын бағалау кезінде ең қолайлы етеді. Адам көзімен

кабылданбайтын критикалық мәнді ескере отырып ( $\Delta E_{ab}^* \leq 2,75$ ), тікелей сканерлеу әдісін пайдаланған кезде ұқсас  $\Delta E_{CMYKN}$  параметрі 0,18-ден аспауы керек.

Экспозиция уақытының әсерін ( $T$ ), жалпы күн радиациясының қарқындылығы ( $Q$ ), табиғи климаттық жағдайларда экспозицияланған ЭШ түсінің жалпы  $A$  ( $U_A$ ) және  $B$  ( $U_B$ ) диапазондарының айырмашылығына ультракүлгін сәулеленуін (тікелей сканерлеу әдісімен) сипаттайтын (2.22) теңдеу коэффициенттерінің мәндері 3.10-кестеде келтірілген.

Кесте 3.10 – ЭШ  $\Delta E_{CMYKN}$  толық түс айырмашылығына әсерін сипаттайтын теңдеу коэффициенттерінің мәндері

Қатайтқыш түрі	Қарастырылатын фактор	Теңдеу коэффициенттерінің мәндері (2.22)			
		$\alpha_x$	$\beta_x$	$\gamma_x$	$R^2$
1	2	3	4	5	6
ЭД – 20 эпоксидті шайыры					
Этал – 1440Н	$T$ , тәулік	$6,49 \times 10^{-3}$	$5,58 \times 10^{-1}$	513	0,375
	$Q$ , МДж/м <sup>2</sup>	$1,74 \times 10^{-2}$	$2,45 \times 10^{-1}$	8282	0,773
	$U_A$ , МДж/м <sup>2</sup>	$3,63 \times 10^{-2}$	$2,41 \times 10^{-1}$	481	0,773
	$U_B$ , кДж/м <sup>2</sup>	$4,29 \times 10^{-2}$	$1,27 \times 10^{-1}$	13719	0,810
Этал – 247 эпоксидті шайыры					
Этал – 1440Н	$T$ , тәулік	$4,00 \times 10^{-4}$	1,34	352	0,946
	$Q$ , МДж/м <sup>2</sup>	$3,00 \times 10^{-4}$	0,1	2130	0,962
	$U_A$ , МДж/м <sup>2</sup>	$4,70 \times 10^{-3}$	1,10	109	0,954
	$U_B$ , кДж/м <sup>2</sup>	$2,20 \times 10^{-4}$	1,16	1360	0,871

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

Ұсынылған математикалық модель эпоксидті жабындардың сәндік сипаттамаларын табиғи экспозиция ұзақтығына, жиынтық күн радиациясына және  $A$  және  $B$  диапазондарының ультракүлгін сәулелеріне байланысты өзгерту процесін жоғары сенімділікпен сипаттауға мүмкіндік береді. Ең сәндік төзімді жабындар ЭД-20+Этал-1440Н композицияларының негізінде алынатыны математикалық модельдеу барысында анықталды.

Сонымен қатар, модифицирленген эпоксидті 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.

Кесте 3.11 – Модифицирленген эпоксидті шайыр негізіндегі сұйық жабын үлгілерінің жылуөткізгіштік көрсеткіштері

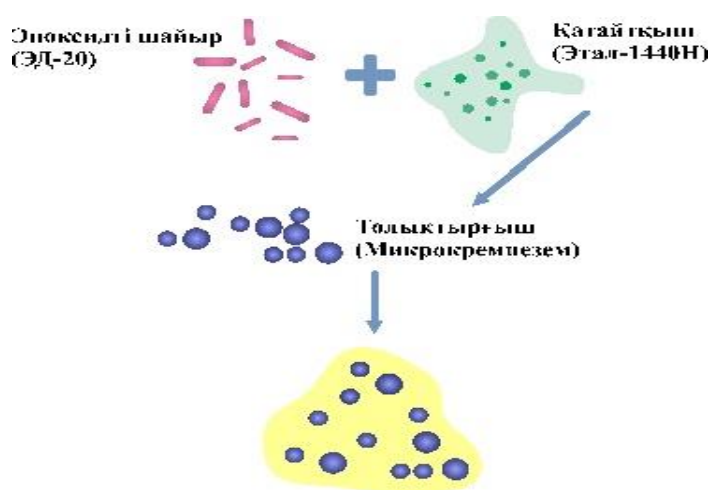
Қолданылатын қабаттардың қалыңдығы, мм	Жылу өткізгіштік коэффициенті $\lambda_{сж}$ , Вт/(м·К)
0,98	0,263
1,87	0,163

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 композиттердің 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 композиттерге жылуоқшаулағыш қасиеттерді беру мақсатында құрамында микрокремнезем бар жаңа сұйық жылуоқшаулағыш жабындарды өңдеу көзделді.

### 3.4 Жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізінде полимерлі жылуоқшаулағыш жабындарды әзірлеу

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



Сурет 3.15 – Микрокремнеземді толтырғышты енгізу арқылы эпоксидті полимерлі шайыр композитінің түзілу схемасы

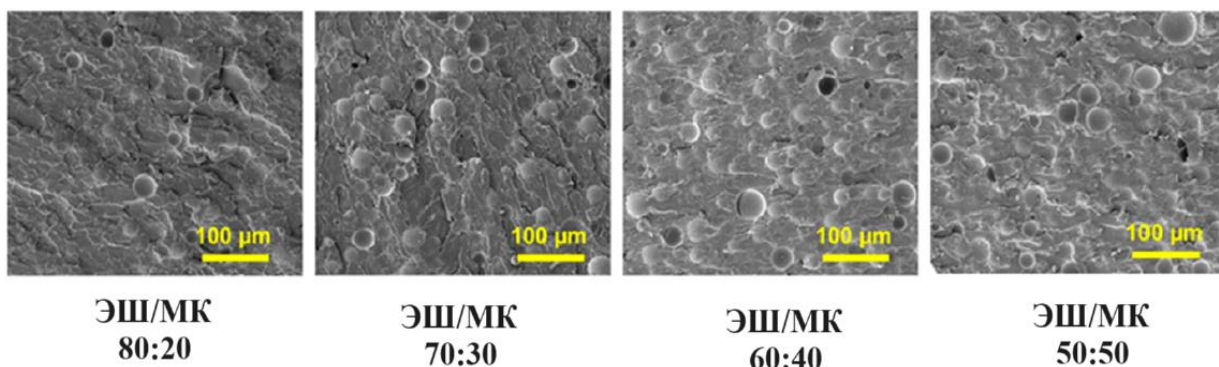
СЖОЖ құрамындағы микрокремнеземнің оңтайлы құрамын анықтау үшін толтырғыштың құрамы массадан 20-50%-ға дейін дайындалды. Толтырғыш компонентті таңдау критерийлері қатайтылған жабынның тығыздық мәндерін төмендету және алынған СЖОЖ эксперименттік және есептік жылуөткізгіштік коэффициенттері бойынша анықталды.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

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

СЖОЖ атауы	СЖОЖ құрамы, %		Тығыздығы, $\rho_{\text{СЖОЖ}}$ , г/см <sup>3</sup>	$\lambda_{\text{экс}}$ , Вт/(м·К)	$\lambda_{\text{есеп}}$ , Вт/(м·К)
	ЭД-20	Микрокремнезем			
<b>ЭШ:МК-20</b>	<b>80</b>	<b>20</b>	<b>0,68</b>	<b>0,081</b>	<b>0,088</b>
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, эпоксидті шайыр мен микрокремнеземнің ең тиімді құрам-қатынасын анықтау мақсатында эпоксидті-микрокремнеземді композиттердің төрт түрлі үлгілері дайындалып, микрокремнеземнің шайыр бетінде біркелкі таралуын анықтау және микроқұрылымын бағалау үшін 3.16-суретте көрсетілгендей сканерлеуші электронды микроскопия әдісі қолданылды.

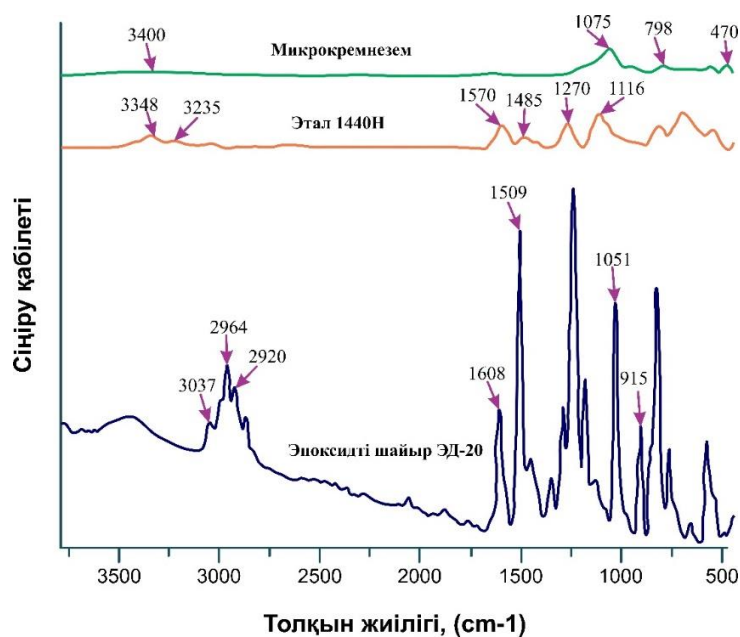


Сурет 3.16 – Өртүрлі қатынастағы композиттердің сканерлеуші электронды микроскопиясының (СЭМ) графиктері

Тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде ЭД-20:МК композиттерінде микрокремнеземнің пайыздық үлесі ұлғайған сайын, шайырдың жеткіліксіз мөлшері микрокремнеземнің бір-біріне жабысып, қалдық көпіршіктерінің көбеюіне, композиттерде 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 композиттерді жылуоқшаулағыш жабын ретінде қолдануда тиімді екенін дәлелдейді.

Зерттеу нәтижесінде ЭД-20:МК композитінде 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 қатайтқыштың және микрокремнезем бөлшектерінің функционалды топтарының арасындағы байланысты зерттеу үшін 3.17-суретте көрсетілгендей ИҚ спектрлік талдау әдісі қолданылды. Таза эпоксидті шайырдың (ЭД-20), қатайтқыштың (Этал-1440Н) және толтырғыш микрокремнеземнің инфрақызыл спектрлері көрсетілген.



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

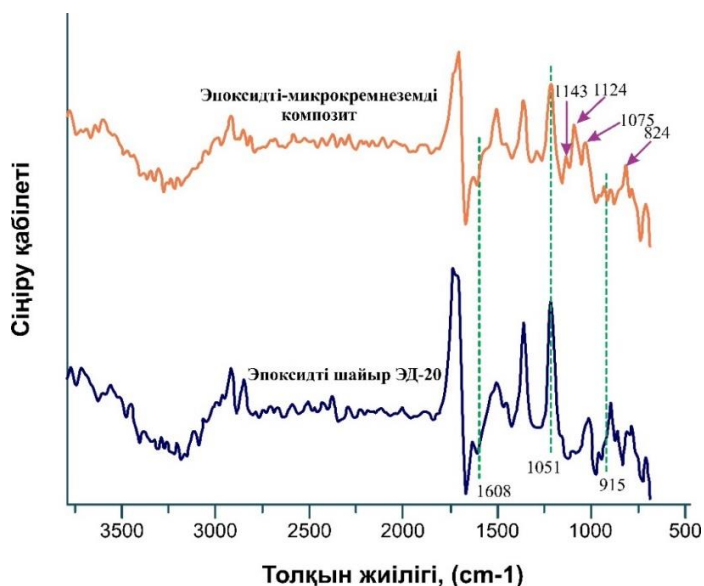
Таза эпоксидті шайырдың (ЭД-20) инфрақызыл спектрі 4000 см<sup>-1</sup>-ден 400 см<sup>-1</sup>-ге дейінгі диапазонда эпоксидті сақинаны сіңірудің екі тән шыңын көрсетті. 915 см<sup>-1</sup>-дегі өткір шың, анықтамалық шың, оксидан сақинасының С–О деформациясына сәйкес келеді, ал 1051 см<sup>-1</sup>-де орналасқан екінші жолақ эпоксидті топтың С–О–С созылуын, ал 3037 см<sup>-1</sup>-дегі басқа жолақ оксидан

сақинасының C-H метиленнің деформациясына жатады [140]. 1509  $\text{cm}^{-1}$  және 1608  $\text{cm}^{-1}$  шамасындағы анықтамалық шыңдар C-C хош иісті қосылыстардың созылу тербелістеріне сәйкес келеді, 2920  $\text{cm}^{-1}$  және 2964  $\text{cm}^{-1}$  сәйкесінше C-H –  $\text{CH}_2$  - және C-H– $\text{CH}_3$  созылу тербелістерімен байланысты [141, 142].

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

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

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

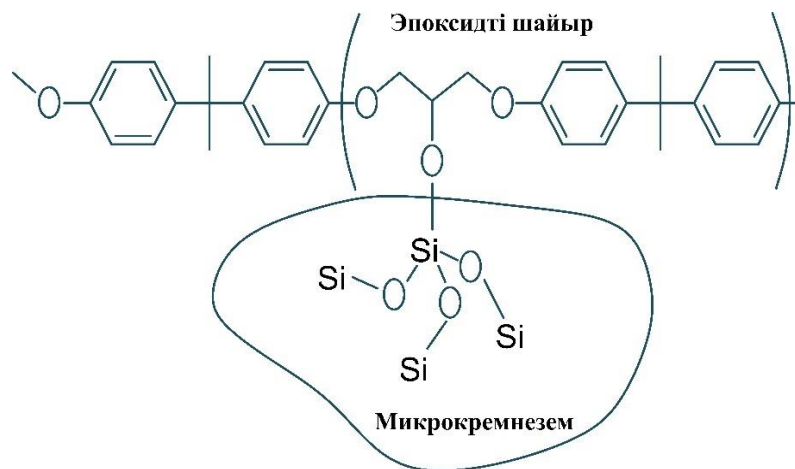


Сурет 3.18 – Таза эпоксидті шайыр(ЭД-20) мен эпоксидті-микрокремнеземді композиттердің ИҚ спектрлері

Сипаттамалық ерекшеліктер 915  $\text{cm}^{-1}$ -де эпоксидті сақинаның азаюы және толығымен дерлік жойылуы және 1610  $\text{cm}^{-1}$ -де N-H созылуы эпоксидті сақинаның толық ашылу реакциясын растайды, қатаю процесінде соңғы эпоксидті топтарды қатайтқышпен айқастырып, нәтижесінде үш өлшемді айқаспалы тор пайда болады [143]. 1237  $\text{cm}^{-1}$ -де сіңіру шыңының болуы эпоксидті сақинаның амин тобының қатайтқышымен айқасуы нәтижесінде пайда болған C-N созылуына байланысты болды [144, 145].

Зерттеу нәтижесінде эпоксидті-микрокремнеземді композиттердің спектрлерінде 824  $\text{cm}^{-1}$ , 1075  $\text{cm}^{-1}$  және 1143  $\text{cm}^{-1}$  шыңдары Si-OH иілу

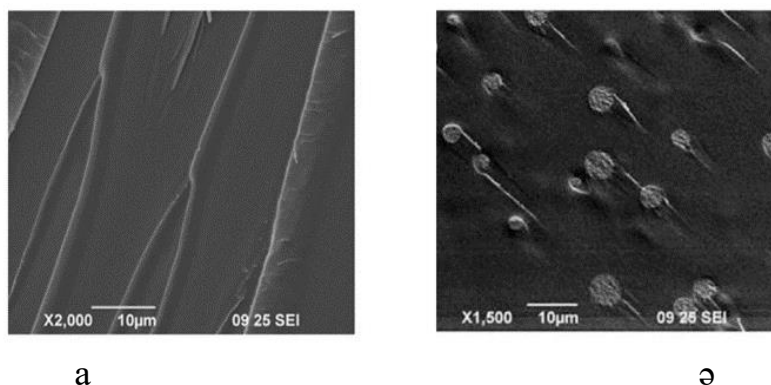
тербелістерінің болуымен, кремний диоксиді толтырғышының Si–O–Si тербелістерінің созылуымен және кремний диоксидінің эпоксидті шайырмен Si–O–C байланысының түзілгендігі байқалды ( $1124\text{ см}^{-1}$ ) (3.19-сурет).



Сурет 3.19 – 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 кедір-бұдырлығының жоғарылауы эпоксидті матрицаға микрокремнеземді толтырғыштардың енгізілуін растайды [146].



а – эпоксидті шайыр; ә – қатайтылған ЭШ/МК композиті;

Сурет 3.20 – Эпоксидті шайыр мен эпоксидті-микрокремнеземді композиттің СЭМ графиктері

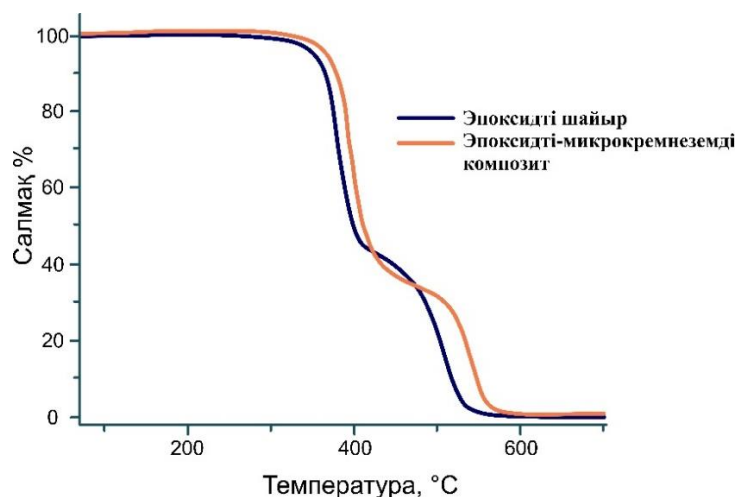
Суретте көрсетілген микрографтар эпоксидті матрицадағы микрокремнеземнің қанағаттанарлықтай біркелкі дисперсиясын көрсетеді, бұл микрокремнезем бөлшектерінің қатайған эпоксидті матрицамен жақсы араласуын және микро бөлшектерін қоршап тұрған бос орындардың болмауын білдіреді.

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

Матрица мен микрокремнезем арасындағы күшті фазааралық адгезия эпоксидті топтардың толтырғыш бетінде орналасқан Si–ОН 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 бөліну салдарынан біртіндеп ыдырау басталды. Изомеризация, тізбекті тасымалдау, молекулаішілік циклизация реакциялары және ыдыраудың бірінші сатысында болатын басқа радикалды реакциялар олардың 200-400°C температурада болатын массаның жоғалуының екінші сатысында ыдырауына әкелді [149, 150].

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



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

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

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

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

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

Эпоксидті шайыр мен микрокремнеземнің ең тиімді құрам-қатынасын анықтау мақсатында эпоксидті-микрокремнеземді композиттердің төрт түрлі үлгілері дайындалды. Микрокремнеземнің шайыр бетінде біркелкі таралуын анықтау және микроқұрылымын бағалау үшін сканерлеуші электронды микроскопия әдісі қолданылды. Зерттеу нәтижесінде МК:ЭД-20 композитінде 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 қатайтқыштың және микрокремнезем бөлшектерінің функционалды топтарын зерттеу үшін ИҚ спектрлік талдау әдісі қолданылды. Зерттеу нәтижесінде эпоксидті-микрокремнеземді композиттердің спектрлерінде Si–ОН иілу тербелістерінің болуымен, кремний диоксиді толтырғышының Si–O–Si тербелістерінің созылуымен және кремний диоксидінің эпоксидті шайырмен Si–O–C байланысының түзілгені байқалады.

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 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 композит 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 дәлелдеді.

### **Үшінші тарау бойынша тұжырым**

1. Тандалған микрокремнеземдардың химиялық құрамы, бөлшектердің пішіні, өлшемдері зерттелді;

2. Микрокремнезем бөлшектерінің гранулометриялық құрамы бойынша ұқсас және бөлшектерінің өлшемдері екі аралықта өзгеретіндігі, 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;

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

4. Физика-механикалық көрсеткіштер кешені бойынша ең перспективті шайырдың екі түрі, яғни ЭД-20 және Этал-247 оның қатайтқышы ретінде Этал-1440Н анықталды.

5. Эпоксидті композиттің Этал-247+Этал1440Н созылу беріктігінің шегі – 48,91 МПа, ал ЭД-20+Этал-1440Н композитінің созылу беріктігінің шегі – 43,92 МПа жеткізілді.

6. Эпоксидті шайыр композиттерінің табиғи климаттық факторлар әсеріне түс беріктігі зерттелу барысында оқшаулағыш жабын алу үшін байланыстырғыштың оңтайлы маркасы ретінде ЭД-20 анықталды;

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



## 4 АЛЫНҒАН ЖАБЫНДАР ҚАСИЕТІНІҢ ҰЗАҚМЕРЗІМДІЛІГІ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ

### 4.1 Әр түрлі беттерде қалыптасқан жабын материалының қасиеттерін анықтау нәтижелері

Микрокремнезем негізіндегі сұйық жылуоқшаулағыш жабындар жылу шығынын азайтады және ұзақ мерзімді қорғаныс үшін әртүрлі беттерге жоғары 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 4.1-кестеде келтірілген.

Кесте 4.1 – Сұйық жылуоқшаулағыш үлгілерінің сипаттамалары

Зерттеу түрлері	Сұйық жылуоқшаулағыш жабын сыналған беттер					Қажетті шамаларға сәйкестігі
	Металл	Бетон	Ағаш	Кірпіш	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	Жартылай жылтыр бояуға сәйкес келеді
Адгезиялық беріктік, МПа	2,0	2,2	2,2	2,1	1,3	Желімді тектес композицияларға сәйкес

Сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың металл, бетон, ағаш, кірпіш, 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].

#### 4.2 Эпоксидті шайыр негізіндегі жабындардың ұзақмерзімділігі

Эпоксидті композицияларға негізделген жабындарды сәндік жабын және оқшаулағыш функцияларын орындауы үшін керек жағдайларда қолданған жөн.

Жабындарға әсер ететін сыртқы орта жабын материалының беріктігіне әсер етеді. Ең алдымен агрессивті орталардың әсерінен композиттің байланыс аймағындағы когезиялық беріктігі өзгереді.

Жабын материалының адгезиялық беріктігін өзгеру процесін зерттеу үшін эксперименттік зерттеулер жүргізілді, оның мақсаты құрамында хлор (Cl) иондары, сульфат қосылыстары (SO<sub>4</sub>) бар ортаның әрекет ету жағдайында бетон негізіне қолданылатын эпоксидті композициялардың адгезиялық беріктігін төмендету заңдылықтарын зерттеу болды. Эксперимент нәтижелері 4.2-кестеде келтірілген.

Кесте 4.2 – Адгезиялық беріктіктің (МПа) құрамында иондары бар ерітінділердің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі: Cl; SO<sub>4</sub>

Ортада әсер ететін ион түрі	Сынақ режимінің параметрлері			Ортаның әсер ету мерзімі, тәулік.					
	Шоғырлану, мг/м <sup>3</sup>	Т, °С	Салыстырмалы ылғалдылық, %	0	30	60	180	360	540
SO <sub>4</sub>	75	35	75	1,6	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
Cl	100	50	75	1,6	1,3	1,2	1,1	1,0	0,8

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

### 4.3 Жұқадисперсті минералды жүйелер негізінде сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың жылу өткізгіштігіне әсер ететін негізгі кұрылымдық параметрлерді анықтау

Әзірленетін сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың бәсекеге қабілеттілігін растайтын негізгі техникалық параметрлер:

- сұйық күйдегі тығыздық – 0,8 кг/см<sup>3</sup> аспайды;
- қатты күйдегі тығыздық – 0,5 кг/см<sup>3</sup> 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 кұбырлары 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 шыныға 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 4.3-кестеде келтірілген.

Кесте 4.3 – Сұйық жылуоқшаулағыш жабынның қабаттары мен қалыңдығына байланысты үш қабатты үлгілердің жылу-физикалық көрсеткіштерін өлшеу

Қолданылатын қабаттардың қалыңдығы, мм	Жылу ағынының эквивалентті тығыздығы $q_{\text{ЭКВ.}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	Баламалы жылу кедергісі $R_{\text{ЭКВ.}}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	Эквивалентті жылу өткізгіштік коэффициенті. $\lambda_{\text{ЭКВ.}}$ , Вт/(м·К)	Жылу өткізгіштік коэффициенті $\lambda_{\text{СЖОЖ}}$ , 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 (4.2-4.5-суреттер) жылуоқшаулағыш қабаттың қалыңдығына байланысты үш қабатты жазық үлгілердің жылу

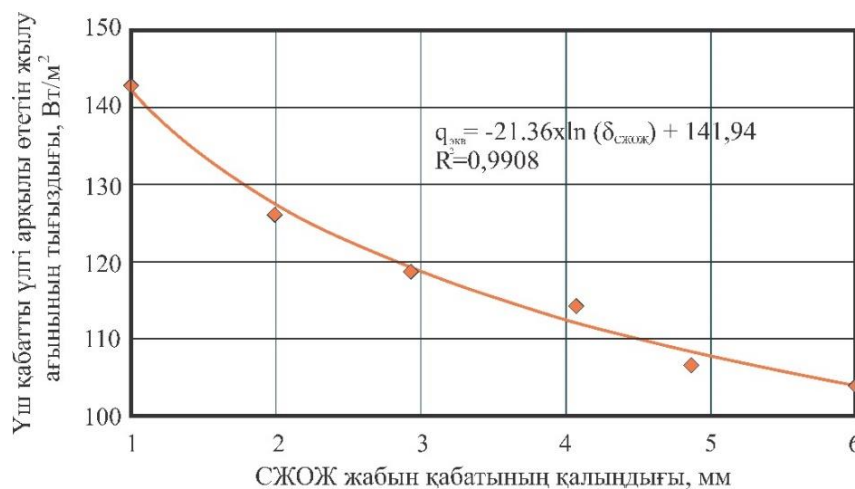
ағынының эквивалентті тығыздығы логарифмдік тәуелділікпен сипатталатыны анықталды:

$$q_{\text{ЭКВ}} = 141,94 - 21,36 \cdot \ln(\delta_{\text{СЖОЖ}}) \quad (4.1)$$

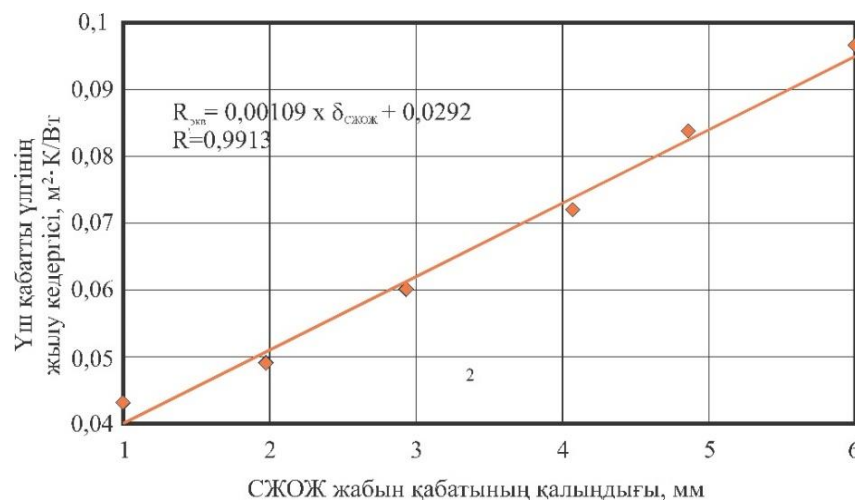
Эквивалентті жылу кедергісі және жылу беру коэффициенті сызықтық теңдеулер бойынша анықталды:

$$R_{\text{ЭКВ}} = 0,0292 + 0,0109 \cdot \delta_{\text{СЖОЖ}} \quad (4.2)$$

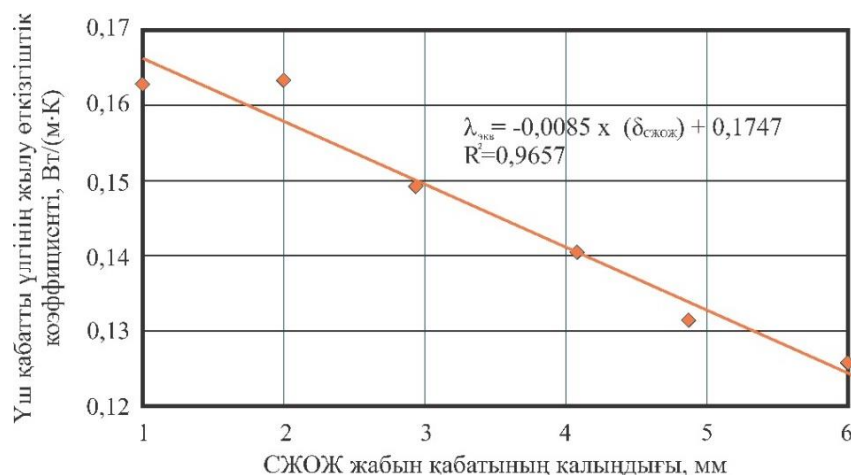
$$\lambda_{\text{ЭКВ}} = 0,1747 - 0,0085 \cdot \delta_{\text{СЖОЖ}} \quad (4.3)$$



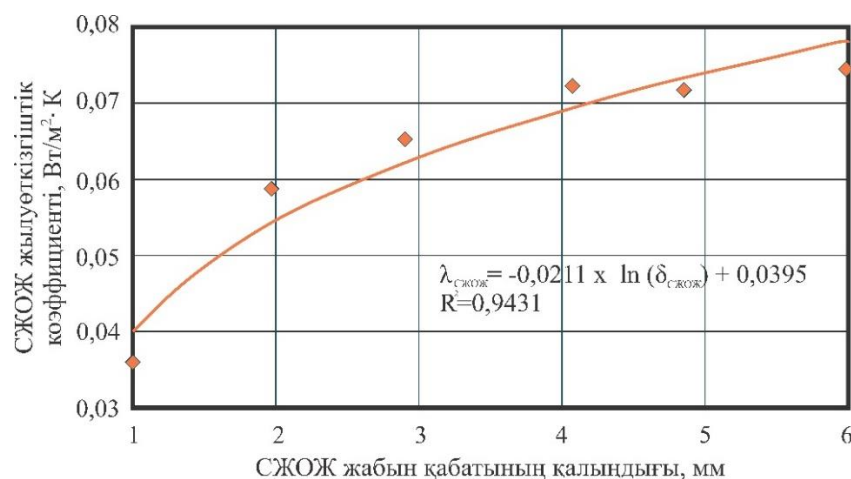
Сурет 4.2 – Жылу ағынының эквивалентті тығыздығының өзгеруі оптикалық қабаттың қалыңдығына байланысты үш қабатты үлгі



Сурет 4.3 – СЖОЖ қабатының қалыңдығына байланысты үш қабатты үлгінің эквивалентті жылу кедергісін өзгерту



Сурет 4.4 – Оптикалық қабаттың қалыңдығына байланысты үш қабатты үлгінің жылу өткізгіштігінің эквивалентті коэффициентін өзгерту



Сурет 4.5 – 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 Вт/м<sup>2</sup>, 0,0148 м<sup>2</sup>·К/Вт және 0,4053 Вт/(м·К).

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  $\delta_{\text{СЖОЖ}}$ -тің ең үлкен өзгерісі 1÷2 мм аралыққа қарағанда қалыңдығы 4÷6 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 мм үшін; 5,363% – 3÷6 мм үшін; 2,01% – 4÷6 мм үшін; 2,37% – 5÷6 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 мм жылуоқшаулағыш жабындарды зерттеу және қолдану ұсынылды [153,154].

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

Кесте 4.4 – 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 Вт/(м·К)-ге жоғары қасиетті көрсетті.

Жұқа дисперсті 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, тоңазытқыш жабдықтары, компрессорлық жабдықтар және т. б.), құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық секторы (қабырға құрылымдары, шатырлар, монолитті плиталардың ұштары, шатыр жабындары және т. б.) және көлік (тоңазытқыш автомобильдер, жолаушылар көлігі, теміржол вагондары, теңіз және өзен кемелері, әуе көлігі және т.б.) салаларында қолдану мүмкіндігін туындатады.

#### 4.4 Жылуоқшаулағыш жабындар өндірісінің болжамды техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Диссертациялық жұмысты орындау барысында минералды түйіршікті жүйелердің жұқа дисперсті толтырғыштары – микрокремнезем негізінде жылуоқшаулағыш жабындарды жасау мүмкіндігі расталды. Бұл толтырғыштың пайдасына таңдау 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 оңтайлы стратегияларын анықтауға мүмкіндік береді. 4.5-кестеде әзірленген композицияларды өндірудің өзіндік құны көрсетілген. Өндірісте қолданылатын материалдардың құны 2023 жылдың нақты бағасымен қабылданды.

Кесте 4.5 – Жылуоқшаулағыш жабындардың әзірленген құрамдарының өзіндік құнын есептеу

№	Шығындардың атауы	Өлшем бірлігі	Өлшем бірлігінің бағасы, тг.	Микрокремнезем негізіндегі қосылыстар		Дереккөздер
				Калькуляция бірлігіне шығын нормасы	Калькуляциялық бірлікке арналған шығындар, тг.	
1	2	3	4	5	6	
1	ЭД-20	кг	3200	0,60	1920	[155]
	Этал-1440Н	кг	1650	0,40	656	[156]
	Бутанол	л	1800	0,10	180	[157]
	Микрокремнезем	кг	150	0,20	30	[158]
	Барлығы:				2786	
2	Қосымша материалдар	тг			500	
3	Өндіріс орны, 20 м <sup>2</sup>		2 ч	55,5	111	
Барлығы					3397	

Орындалған есептеулерге сәйкес, ұсынылған қоспалардың зауыттық құны литріне 3397 теңгені құрайды. Әзірленген жылуоқшаулағыш материал ASTRATEC

НГ компаниясы ұсынғаннан 61% арзан [159], ол 1 литр үшін 5490 тг бағамен сатылатыны анықталды. Бұл нарықтағы ұсыныстармен салыстырғанда айтарлықтай жақсы ұсыныс болып табылады.

### **Төртінші тарау бойынша тұжырым**

1. Сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың металл, бетон, ағаш, кірпіш, 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 дәлелдеді.

2. Жабындарға әсер ететін сыртқы орта жабын материалының беріктігі анықталды. Құрамында сульфат типті иондары бар ерітінділердің әсерінен колматация әсерінің көрінуіне байланысты деградация процесінің өздігінен тежелуі мүмкін, ал құрамында хлор иондары бар ерітінділердің әсерінен колматация әсері байқалмайтыны анықталды.

3. 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  $\delta_{\text{СЖОЖ}}$ -тің ең үлкен өзгерісі 1÷2 мм аралыққа қарағанда қалыңдығы 4÷6 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 мм үшін; 5,363% – 3÷6 мм үшін; 2,01% – 4÷6 мм үшін; 2,37% – 5÷6 мм үшін оның айтарлықтай төмендеуіне әкелді.

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



## ҚОРЫТЫНДЫ

**Диссертациялық зерттеулер нәтижелері бойынша келесідей қорытындылар жасалды:**

1. Ғимараттар мен имараттарды жылыту кезінде жылу шығынын азайту тиімділігі жылуоқшаулағыш материалдарды қолдану арқылы арқылы 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 түземейді, сонымен қатар эксплуатациялық жұмыстарды орындау кезінде еңбек шығындарын айтарлықтай төмендетеді;

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

3. Микрокремнезем бөлшектерінің гранулометриялық құрамы бойынша ұқсас және бөлшектерінің өлшемдері екі аралықта өзгеретіндігі, 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;

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

5. Физика-механикалық көрсеткіштер кешені бойынша ең перспективті шайырдың екі түрі, яғни ЭД-20 және Этал-247 оның қатайтқышы ретінде Этал-1440Н анықталды. Эпоксидті композиттің Этал-247+Этал1440Н созылу беріктігінің шегі – 43,92 МПа, максималды жүктемедегі салыстырмалы ұзаруы – 3,60% болатыны анықталды. Ал ЭД-20+Этал-1440Н композитінің созылу беріктігінің шегі – 48,91 МПа, максималды жүктемедегі салыстырмалы ұзаруы – 3,80% жеткізілді. Нәтижесінде полимерлі композициялы сұйық жабындарын алуда Этал-1440Н қатайтқышы қолданылды.

6. Эпоксидті шайыр композиттерінің табиғи климаттық факторлар әсеріне түс беріктігінің зерттелуі барысында сұйық жылуоқшаулағыш жабын алу үшін байланыстырғыштың оңтайлы маркасы ретінде небәрі 0,5-0,7% өзгеріске ұшыраған ЭД-20 шайыры анықталды;

7. Зерттеу нәтижесінде ЭД-20:МК композитінде 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;

8. Сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың металл, бетон, ағаш, кірпіш, 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 дәлелдеді;

9. 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  $\delta_{\text{СЖОЖ}}$ -тың ең үлкен өзгерісі 1÷2 мм аралыққа қарағанда қалыңдығы 4÷6 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 мм үшін; 5,363% – 3÷6 мм үшін; 2,01% – 4÷6 мм үшін; 2,37% – 5÷6 мм үшін оның айтарлықтай төмендеуіне әкелді;

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

Алынған нәтижелер жұқадисперсті минералды түйіршікті жүйелер негізіндегі сұйық жылуоқшаулағыш жабындарды алудағы фундаменталды және қолданбалы материалтануда маңызды болып табылады.

### **Қойылған міндеттердің толық шешілуін бағалау**

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері қойылған міндеттердің орындалғанын көрсетті:

1. Полимерлі композицияларды алу кезінде ЭД-20 және Этал-247 эпоксидті шайырларына қосылатын қатайтқыш ретінде Этал-1440Н таңдалды. Композициялардың бөлме температурасындағы өміршеңдігі сәйкесінше – 112, 128 минут аралығында және тұтқырлығы – 1,89 және 0,96 көрсеткіштерді көрсетті, сонымен қатар, созылу беріктігінің шегі – 48,91 және 43,92 МПа көрсетті. Бұл нәтижелер полимерлі композициялы сұйық жабындарын алуда Этал-1440Н-ді қатайтқыш ретінде қолдануға мүмкіндік береді;

2. Толық түс айырмашылығын 10 ай аралығында табиғи климаттық зерттеу барысында ЭД-20 шайырына қарағанда Этал-247 шайырының тұрақсыздығы және ұзақмерзімсіздігінің шамасы 76 тәулік, жиынтық күн радиациясы шегі – 2100 МДж/м<sup>2</sup>, А және В диапазондарының шамасы сәйкесінше 76 МДж/м<sup>2</sup> және 1150 МДж/м<sup>2</sup>-тан кейін бұзылуды көрсетті. Салыстырмалы түрде ЭД-20 шайыры экспозиция ұзақтығының барлық уақытында 0,5-0,7% өзгеріске ғана ұшырады және тұрақтылығы Этал-247 шайырына қарағанда 99 тәулікке артық, жиынтық күн радиациясы 6225 МДж/м<sup>2</sup>-ге дейін, А диапазоны бойынша 178 МДж/м<sup>2</sup>, В диапазоны бойынша 5300 МДж/м<sup>2</sup>-ге дейін түс айырмашылығының беріктік шамасын көрсетті. Бұл

нәтижелер полимерлі сұйық жабындарын алуда байланыстырғыш үшін ЭД-20 шайырын пайдану қолайлы екендігін көрсетті;

3. Физика-химиялық зерттеулердің нәтижелері жылуоқшаулағыш материалдарды әзірлеу үшін микрокремнезем мен эпоксидті шайырдың оңтайлы арақатынасы сәйкесінше 20:80% құрайтынын көрсетті. Эпоксидті-микрокремнеземді композиттердің ИҚ спектрлерінде микрокремнеземнің Si–OH функционалдық тобы мен эпоксидті шайырдың оксиран тобы арасында Si–O–C жаңа функционалдық тобының пайда болғаны байқалды. Эпоксидті шайыр мен эпоксидті-микрокремнеземді композит TGA термограммалары композиттің термиялық ыдырау температурасы микрокремнеземсіз эпоксидті шайыр үлгісімен салыстырғанда жоғары мәндерге ауысқаны анықталды. Шамамен 240°C температурада күрделі эфирлі байланыстың бөліну салдарынан біртіндеп ыдырау басталды. Бұл зерттеулер эпоксидті шайырдың микрокремнезем микробөлшектерінің кеуектеріне еніп, термиялық тұрақтылығын, яғни ыстыққа төзімділігін арттыратын өзара тор түзетінін дәлелдеді;

4. Сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың металл, бетон, ағаш, кірпіш, 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 коэффициенті – 0,08-0,1 Вт/(м·К), жабындардың жылтырлық дәрежесі – 30-36, адгезиялық беріктік – 1,3-2,2 МПа аралықтарын көрсетті. Бұл мәндер нормативтік құжаттар бойынша сұйық жылуоқшаулағыш жабынға сәйкес келетінін дәлелдейді. Сонымен қатар, сұйық жылуоқшаулағыш жабын толтырғышсыз сұйық жабынға қарағанда жылуөткізгіштік коэффициенті 0,123 Вт/(м·К)-ге жоғары қасиетті көрсетті.

Диссертация тақырыбы бойынша жарияланған ғылыми жұмыстар диссертациялық жұмыстың негізгі мазмұнын көрсетеді және оларға қойылатын талаптарға сәйкес келеді. Жарияланған ғылыми жұмыстардың тізімі А қосымшасында көрсетілген, барлық жұмыстарға диссертация мәтінінде сілтемелер бар.

#### **Зерттеу нәтижелерін нақты пайдалану бойынша ұсыныстар**

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 сақтауға арналған резервуарлар, тоңазытқыш жабдықтары, компрессорлық жабдықтар және т. б.);

- Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық секторы (қабырға құрылымдары, шатырлар, лоджиялар, монолитті плиталардың ұштары, шатыр жабындары және т. б.);

- Көлік (тоңазытқыш автомобильдер, жолаушылар көлігі, теміржол вагондары, теңіз және өзен кемелері, әуе көлігі және т.б.).

#### **Енгізудің техникалық-экономикалық тиімділігін бағалау**

Сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың алу тиімділігінің болжамды техникалық-экономикалық есебі жасалды. Сұйық жылуоқшаулағыш жабындардың зауыттық құны литріне 3397 теңгені құрайды, бұл өз кезегінде нарықтағы СЖОЖ-дан қарағанда 61%-ға арзан. Ұсынылып отырған сұйық жылуоқшаулағыш жабындарды алу технологиясын болжамды техникалық-экономикалық бағалау өз тиімділігін көрсетті.

#### **Берілген облыста үздік жетістіктермен салыстырғанда орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау**

Алғаш рет жақсартылған пайдалану сипаттамаларының кешеніне ие Қазақстан Республикасының жергілікті шикізатын толтырғыш ретінде қолдана отырып, жаңа сұйық жылуоқшаулағыш жабын әзірленді. Алғаш рет сұйық жылуоқшаулағыш жабын алу барысында табиғи-климаттық зерттеулер жүргізілді, бұл біздің еліміз үшін жаңа бағыт.

Диссертациялық жұмыста орындалған жұмыстың ғылыми деңгейі, ғылыми құндылыққа ие, автордың ғылыми еңбектерімен: а) жарияланған мақалалармен; ә) халықаралық конференцияларда қатысуымен расталады.

Сондай-ақ зерттеу нәтижелері бойынша тәжірибелік-эксперименттік сынақ хаттамасы (Қосымша Ә), «Халықаралық Білім Корпорациясы» ЖШС-не оқу процесіне енгізу актісі (Қосымша Б) және «All Construction» ЖШС өндірісіне енгізу (қолдану) актісі (Қосымша В) жасалды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы» 2012 жылғы 13 қаңтардағы Қазақстан Республикасының Заңы (03.09.2023 ж. жағдай бойынша өзгерістер мен толықтырулармен).
2. ҚР ЕЖ 2.04-108-2014 «Оқшаулау және әрлеу жабындары» .
3. ҚР ҚН 2.04-21-2004 «Азаматтық ғимараттардың энергия тұтынуы және жылу қорғанысы».
4. Boburjon Tolibjonovich Tojiboyev, Omongul Maxamadsole Qizi Dexqonboy Nabirasi HEAT INSULATING LIQUID COATING // Scientific progress. 2021. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/heat-insulating-liquid-coating> (дата обращения: 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. Veith, Meghan E. Lamm, Annie Stevens, Tej Lamichhane, Wei Guo, Shannon M. Mahurin, Kaushik Biswas, Diana Hun, Hsin Wang, Edgar Lara-Curzio, Soydan Ozcan, Tolga Aytug, 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. Селяев В. П., Осипов А. К., Неверов В. А., Маштаев О. Г., Сидоров В. В. Полиструктурная модель теплоизоляционного материала на основе дисперсного микрокремнезема // Региональная архитектура и строительство. – № 2(13). – С. 5-11.
9. Селяев В.П., Осипов А.К., Куприяшкина Л.И., Седова А.А., Кечуткина Е.Л., Супонина Л.А. Возможность создания теплоизоляционных материалов на основе наноструктурированного микрокремнезема из диатомита // Наука: 21 век. – 2011. - № 3(15). – С. 76-86.
10. Селяев В.П. Наноматериалы и нанотехнологии в строительстве / В. П. Селяев // Наука: XXI век. - 2011. - № 1(13). - С. 58-66.
11. Эргашев М.М., Жамолиддинова Х.Т. Современные теплоизоляционные материалы в строительстве // Экономика и социум. – 2023. № 4(107)-1. – С. 1058-1061.
12. Khamidov A., Akhmedov I., Rizayev B., Kholmirezayev S., et all. 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://ckfi.store/services/teplozvukoizolya-tسیونnye-materialy/mineralnaya-vata-vidy-primenenie-v-stroitelstve/> 26.07.2023

14. Плиты теплоизоляционные PIR. <https://nav.tn.ru/by/catalog/teploizolyatsiya/pir/Plity-teploizolyatsionnyye-PIR/> 26.07.2023

15. Теплоизоляционные материалы в виде рулонов K-FLEX PE для изоляции на воздуховодах. <https://bimlib.pro/model/k-flexpedlyaizolyaciiivozduhovodov/9540/> 26.07.2023

16. Полиуретановые плиты для утепления. <https://salonkabriol.com/poliuretanovye-plity-dlya-utepleniya/> 26.07.2023

17. Теплоизоляционные материалы пенопласт. Пенопласт как утеплитель. Обзор и отзывы. Какие листы выбрать. <https://rt82.ru/for-child-care-centers/teploizolyacionnye-materialy-penoplast-penoplast-kak-uteplitel/> 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-metalla-osobennosti-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. Однолько. 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-kazahstane-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. Ұлттық статистика бюросы. Қазақстан Республикасы стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі. <https://stat.gov.kz/>

25. Кочетова, Ю.Ю. Покрытие «Корунд» - теплоизоляционный материал, снижающий теплопотери и повышающий антикоррозионную 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. Логинова, 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 КГА-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 ИпГТУ. 2013. №2 (73). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-primeneniya-zhidkoy-sverhtonkoy-teploizolyatsii-v-stroitelstve-i-ekspluatatsii-promyshlennyh-i-grazhdanskih-obektov> (дата обращения: 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, Leila & 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, Dauletkhan & Akhmetova, G.. (2019). Measurement of Banded Microstructure Characteristics in Sheet Steels. Metallurgist. 62. 10.1007/s11015-019-00778-y.
34. Ешманова Г.Б., Смагулов Д.У., Блаверт К., Технология плазменного электролитического оксидирования 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., Kvyatkovskiy & 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. Teknometanik. 5. 1-12. 10.24036/teknometanik.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/knit2022.05>
41. Морозов, В.И. Разработка и применение ограждающих конструкций энергоэффективных зданий нового поколения / В.И. Морозов, Ю.В. Пухаренко // *Вестник гражданских инженеров*. – 2012. - №5. – с. 320-322.
42. Д Крюков 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 полистиролбетонных 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., Семенюк П.Н., Родевич В.В., and Юдин И.В.. "Полифункциональные легкие бетоны для ресурсоэнергосберегающего индустриального домостроения" *Строительные материалы*, № 4, 2012, pp. 4-11.
48. Лукутцова Н.П., Пыкин 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 от 27.07.2011 Сырьевая смесь для получения пенобетона / Федосов С.В., Малый И.А., Ветошкин А.А., Акулова М.В., Потемкина О.В., Щепочкина Ю.А., Емелин В.Ю.
51. Пухаренко, Ю.В. Влияние армирующих волокон на формирование структуры ячеистых бетонов в раннем возрасте / Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.Д. Староверов // *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. Черевко, 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 вяжущих 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 композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. – 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 пенокарामобетонов на основе опалкристиобалитовых 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: ПГУАС, 2014. – 52 с.
61. Завадский, В.Ф. Варианты стеновых конструкций с применением новых эффективных утеплителей: Учебн. пособие. – Новосибирск: НГАСУ, 2000. – 168 с.
62. Korniyenko S. Evaluation of Thermal Performance of Residential Building Envelope // Procedia Engineering. – 2015. – №117. – P. 191 – 196.
63. Ожгибесов, Ю.П. Теплые стеновые панели и блоки для второго этапа новых теплотехнических 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. Омельченко, М.Б. Каплан // 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. – P. 1-13.
66. Karpov V., Kobelev E. Analysis of efficiency of three-layer wall panels with a discrete core // Architecture and Engineering. – 2022. – Vol. 7, №. 1. – P. 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. Хасаншин. – 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. – P. 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 «Энегросберегающие технологии, оборудование и материалы при строительстве объектов в Западной Сибири» – Тюмень: ИПЦ «Экспресс». – 2005. – с. 22-25.
75. Nellis, G., & Klein, S. (2008). Heat Transfer. Cambridge: Cambridge University Press.
76. Малявина, Е.Г. Строительная теплофизика: учебное пособие / Е.Г. Малявина. – 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/teploizoliruyuschee-pokrytie-na-osnove-zhidkoy-folgi-i-polyh-mikrosfer> (дата обращения: 27.11.2023).

78. Заявка на изобретение 93052300 МПК<sup>51</sup> C04B26/14, C04B26/14, C04B14:24, C04B24:12, C09D163/00 Вещество для теплоизоляционного покрытия трубопроводов / И.Б. Дубин, А.П. Газиянц, И.И. Лаптев, М.Н. Мансуров, Э.И. Саркисов., заявл. 20.04.90; опубл. 07.05.93. – 1 с.

79. Пат. 2039070 Российская Федерация: МПК<sup>51</sup> C09D 183/04, C09D 5/18, B05B 1/38. Способ получения огнестойкого покрытия / И.С. Епифановский, Ю.И. Димитриенко, Ю.В. Полежаев, Ю.В. Медведев, Д.С. Михатулий; заявитель и патентообладатель: И.С. Епифановский - № 93027483/05; заявл. 18.05.1993; опубл. 09.07.1995, – 2 с.

80. Пат. 2220988 Российская Федерация: МПК<sup>51</sup> 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: МПК<sup>51</sup> 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: МПК<sup>51</sup> C09D 183/00, C09D 5/02. Покрытие жидкокерамическое изоляционное / Н.В. Мотрикалэ; заявитель и патентообладатель: Н.В. Мотрикалэ - № 2007125899/04; заявл. 10.07.2007; опубл. 27.12.2008, Бюл. №36 – 8 с.

83. Пат. 2251563 Российская Федерация: МПК<sup>51</sup> C09D 5/02, C09D 5/08. Антикоррозионное 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: МПК<sup>51</sup> C09D 5/02, C09D 183/04, C09D 5/08. Водная композиция, наполненная полыми микросферами, для получения антикоррозионного и теплоизоляционного покрытия и способа 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: МПК<sup>51</sup> C04B 111/20, C09D 5/02, C09D 1/02, C09D 109/00, C04B 7/00, C04B 14/04, C08K 7/20. Теплоизоляционное покрытие / Е.Б. Брянцев; заявитель и патентообладатель: Е.Б. Брянцев - № 2006119199/04; заявл. 02.06.2006; опубл. 10.03.2008, Бюл. № 7– 9 с.

86. Пат. 2400506 Российская Федерация: МПК<sup>51</sup> 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: МПК<sup>51</sup> 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: МПК<sup>51</sup> E04B 1/76. Теплоизоляционное покрытие / В.А. Рыженков, Н.А. Логинова, 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: МПК<sup>51</sup> E04B 1/76, C09D 5/08, B22C 3/00. Теплоизоляционное покрытие / В.А. Рыженков, А.П. Кондратьев, А.Ф. Прищепов, Н.А. Логинова; 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. Iscen, A., Forero-Martinez, N. C., Valsson, 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.jpcc.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 штукатурных составов повышенной теплостойкости / М.В. Акулова, А.Н. Коллеров, О.В. Потемкина // Вестник МГСУ. – 2013. – № . -С. 88-93.

96. Хабибуллин 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 РФ, МПК 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.

99. Пат. РФ 2162871, МПК С09D5/02. Состав для теплозащитных покрытий / Костиков С.В., Назаренко В.А., Реутов О.С., Симаков С.Ф.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Спецэнерготехника». – № 98111208/04; заявл. 11.06.1998; опубл. 10.02.2001

100. Пат. РФ 2527997, МПК С09D5/18, С09D5/02. 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

101. Рыженков В.А. О влиянии структурированного тонкопленочного теплоизоляционного покрытия на термическое сопротивление теплопроводов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2010. – №5. – С. 58-59.

102. Пат. 2451871 Российская федерация, F16L59/08 Способ теплоизоляции трубопроводов и обрудования / В.А. Рыженков (RU), А.П. Кондратьев (RU), А.Ф. Прищепков (RU), Н.А. Логинова (RU) патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (RU). Заявка от 30.11.2010. Опубл. 27.05.2012

103. Пат. 2482146 Российская федерация, С09D5/00 С09D1/00 Высокотемпературное теплозащитное покрытие / Ю.А. Григорьев патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ОВК-Россия» (RU). Заявка от 31.08.2011. Опубл. 20.05.2013.

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. – P. 11-16.

105. Селяев, В.П. Фрактальность наноразмерной структуры природных дитомитов / В.П. Селяев, В.А. Неверов, Л.И. Куприяшкина // Известия вузов. Строительство. – 2013. – №5. – С. 16-22.

106. Селяев В.П., Нурлыбаев Р.Е., Киселев Н.Н., Лияскин О.В., Сангулова И.Б. Н Оптимизация состава наполнителя вакуумных изоляционных панелей на основе Конасил-200 // Вестник КазГАСА. ISSN 1680-080X, 2019. - №2(72), С.169-175.

107. ГОСТ 10587-84. Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия // Электронный ресурс <https://yato-tools.ru/raznoe-2/smola-epoksidnaya-ed-20-gost-10587-84-gost-10587-84-smoly-epoksidno-dianovye-neotverzhdennye-texnicheskie-usloviya-s-izmeneniem-n-1-spopravkoj.html>

108. ТУ 2257-247-18826195-07 [Электронный ресурс] // URL:<http://www.epital.ru/infu/t.html> (Дата обращения 05.10.23)

109. Жылуөткізбейтін материалдар өндірісінде қолдану үшін диатомит негізінде нанодисперсті материалдарды алудың ғылыми қағидаларын әзірлеу/Нурлыбаев Р.Е./автореф. 30.12.2015ж.

110. ТУ 2257-3570-18826195-03 [Электронный ресурс] // <https://www.epital.ru/yacht1/etal1440i.html> (Дата обращения 27.11.2023)

111. ТУ 2257-045-18826195-01 [Электронный ресурс] // <https://www.epital.ru/hardeneres/etal45m.html> (Дата обращения 27.11.2023)

112. ТУ 2413-357-00203447-99 [Электронный ресурс] // <https://www.epital.ru/hardeneres/pepa.html> (Дата обращения 27.11.2023)

113. Даффа реакция – Меди // Химическая энциклопедия в 5 томах. - М.: Большая Российская Энциклопедия, 1990. - Т. 2. - 671 с.

114. [Электронный ресурс] // <https://old.bigenc.ru/chemistry/text/1890805>

115. Sangulova I.B., Selyaev V.P., Kuldeev E.I., Nurlybaev 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](https://doi.org/10.31643/2022/6445.01)

116. В. П. Селяев, Р. Е. Нурлыбаев, Сангулова И.Б., О. В. Лияскин, Е. Л. Кечуткина. 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. МЕМСТ 11262-2017 «Пластмассалар. Созылу сынағы әдісі»

118. МЕМСТ 8420-2022 «Лак-бояу материалдары. Шартты тұтқырлықты анықтау әдістері»

119. Анализ декоративных характеристик эпоксиуретановых 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 эпоксиуретановых 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. Механизмы 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. 5. Реутов А.И. Прогнозирование климатической стойкости полимерных материалов, применяемых в строительстве // Вестник ТГАСУ. Томск, 2009. № 2. С. 127-141

123. МЕМСТ 33355-2015 «Лак-бояу материалдары. Бу өткізгіштігінің сипаттамаларын анықтау»

124. Мемлекетаралық стандарт МЕМСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002) «Лак-бояу материалдары. Адгезияны ажырату әдісімен анықтау»

125. Мемлекет аралық стандарт МЕМСТ 7076-99 «Құрылыс материалдары мен бұйымдары. Стационарлық жылу тәртібінде жылу өткізгіштік пен жылу кедергісін анықтау әдісі»

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., Сеницын А. А., Мнушкин Н. В. Определение коэффициента теплопроводности жидкой тепловой изоляции в лабораторных условиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. №37. С. 79–86.

129. МЕМСТ 31975-2017 «Лак-бояу материалдары. Лак-бояу жабындардың 20°, 60°, 85° бұрыштарында жылтырлығын анықтау әдісі»

130. МЕМСТ 9.032-74 «Лак-бояу жабындары. Топтар, техникалық талаптар және белгілер»

131. Zhumadilova, Z.O.; Selyaev, V.P.; Nurlybayev, R.E.; Kuldeyev, E.I., 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. Ж., Строительные материалы, октябрь 2006 г.

133. Сангулова И.Б. Микрокремнеземнің құрылыста қолданылу аясының дамуы // Вестник КазНУ. ISSN 1680-9211, 2019. - №4(134)., С.344-348.

134. Гладков С.О. Газокинетическая 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 цветowych 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., Tashmuhambetova Indira B. (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 resins 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. Durowaiye, 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. Zabihi, 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. Phram. Phram. 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., Ташмуханбетова И.Б. (Сангулова И.Б.) Характер напряженно-деформированного состояния армированных изгибаемых клееных деревянных элементов // Огарёв-Online, № 3 (140), (2020) с.7. <https://cyberleninka.ru/article/n/harakter-napryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-armirovannyh-izgibaemyh-kleenyh-derevyannyh-elementov>.

152. Селяев В.П., Нурлыбаев Р. Е., Кечуткина Е.Л., Ташмуханбетова И.Б. (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. Nurlybayev, M.T. Zhuginisov, Zh.O. Zhumadilova, Ye.S.Orynbekov, E.E. Khamza, Tashmuhanbetova I.B. (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., Лияскин О.В., Ташмуханбетова И.Б. (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-company.kz/p103702302-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 пенодиатомитовая КПДО. Электронный ресурс URL: <https://satu.kz/p3230459-kroshka-penodiatomitovaya-kpdo.ht91?&primelead=OTg&activateLowProsale=1>

159. Теплоизоляционное полимерное покрытие АСТРАТЕК НГ. Электронный ресурс URL: <https://almaty.satu.kz/p85595389-teploizolyatsionnoe-polimernoe-pokrytie.html?&primelead=MjU>

## ҚОСЫМША А

### Зерттеу тақырыбы бойынша жарияланымдар тізімі

1. Zhumadilova Zh.O., Selyaev V.P., Nurlybayev R.E., Kuldeyev E.I., 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>.

2. Sangulova I.B., Selyaev V.P., Kuldeev E.I., Nurlybaev 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](https://doi.org/10.31643/2022/6445.01)

3. Сангулова И.Б. Микрокремнеземнің құрылыста қолданылу аясының дамуы // Вестник КазНУ. ISSN 1680-9211, 2019. - №4(134)., С.344-348

4. Селяев В.П., Нурлыбаев Р.Е., Киселев Н.Н., Ляскин О.В., Сангулова И.Б. Оптимизация состава наполнителя вакуумных изоляционных панелей на основе Коносил-200 // Вестник КазГАСА. ISSN 1680-080X, 2019. - №2(72), С.169-175.

5. Селяев В. П., Нурлыбаев Р. Е., Сангулова И.Б., Ляскин О. В., Кечуткина 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) – РИИЦ, ISSN 2542-114X. С.102-110. DOI: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2019.4.102>

6. Естигнеева В.М., Лазарев А.Л., Сангулова И.Б. Характер напряженно-деформированного состояния армированных изгибаемых клееных деревянных элементов // Огарёв-Online, № 3 (140), (2020) с.7. <https://cyberleninka.ru/article/n/harakter-napryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-armirovannyh-izgibaemyh-kleenyh-derevyannyh-elementov>.

7. 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.

8. Nurlybayev R.E., Zhuginisov M.T., Zhumadilova Zh.O., Orynbekov Ye.S., Khamza E.E., 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>

9. Селяев В.П., Нурлыбаев Р.Е., Киселев Н.Н., Ляскин 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

10. Orynbekov Ye.S., Zhumadilova Zh.O., Selyaev V.P., Sangulova I.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

# ҚОСЫМША Ә

## Тәжірибелік-эксперименттік сынақ хаттамасы

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ №17  
от 30.11.2022

КОЛИЧЕСТВО СТРАНИЦ 2,

Наименование заявителя: Орынбеков Е.С., Ташмуханбетова И.Б. ТОО «SAVENERGY»  
Юридический адрес: г.Алматы Алатауский район. Мкр.Аккент 4  
Наименование продукции: Эпоксидные теплоизоляционные покрытия  
Количество (масса) продукции в партии/серия: представленный образец  
Страна (форма) – изготовитель (поставщик): Казахстан

Дата изготовления	Срок годности	Дата приема образца	Дата начала испытаний	Дата окончания испытаний
2022	н/о	03.11.2022	03.11.2022	30.11.2022

Вид испытаний: контрольный

Основания для испытаний: письмо от 01.11.2022

Нормативные документы на продукцию: ГОСТ

Условия проведения испытаний: температура 24°C, относительная влажность 63%

Результаты испытаний:

Эпоксидные покрытия наносились на основания (подложки): стальные (1); бетонные (2); деревянные (3); кирпичные (4); оштукатуренные поверхности (5). Полученные значения пористости, паропроницаемости, адгезионной прочности; коэффициента теплопроводности, блеска приведены в таблице 1-5

Таблица 1 - Пористость покрытий из водоразстворимых и эпоксидных материалов (%), сформированных на подложках вида 1÷5.

Вид покрытия	Вид подложки				
	1	2	3	4	5
Эпоксидное	3	3,5	3,5	3,5	3,5

Таблица 2 - Паропроницаемость (мг/м·4Па) покрытий из водоразстворимых и эпоксидных материалов, сформированных на подложках вида 1÷5.

Вид покрытия	Вид подложки				
	1	2	3	4	5
Эпоксидное	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Таблица 3 - Теплопроводность (Вт/м·к) покрытий из водоразстворимых и эпоксидных композиций, сформированных на подложках вида 1÷5.

Вид покрытия	Вид подложки				
	1	2	3	4	5
Эпоксидное	0,1	0,09	0,09	0,08	0,08

Таблица 4- Степень блеска покрытий из водоразстворимых и эпоксидных композиций, сформированных на подложках вида 1÷5.

Вид покрытия	Вид подложки				
	1	2	3	4	5
Эпоксидное	30	35	35	36	36

Таблица 5 - Адгезионная прочность (МПа) покрытий из водорастворимых и эпоксидных композиций, сформированных на подложках вида 1÷5.

Вид покрытия	Вид подложки				
	1	2	3	4	5
Эпоксидное	2.0	2.2	2.2	2.1	1,3

Рекомендованная рецептура:

Таблица 6 - Составы покрытий, наносимых на подложки различной природы.

№ п/п	Наименование компонента	Масса в %
1.1	ЭД – 20 + Этал (100:50)	70-60
1.2	Микросферы (20%)	20
1.3	Разбавитель (10÷20)%	10-20

Заведующий кафедрой:

(подпись)

В. П. Селяев

Исполнитель:

(подпись)

М. Ф. Алимов

**ЧАСТИЧНАЯ ИЛИ ПОЛНАЯ ПЕРЕПЕЧАТКА ПРОТОКОЛА ЗАПРЕЩЕНА**  
**ПРОТОКОЛ РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ ТОЛЬКО НА ОБРАЗЦЫ, ПОДВЕРГНУТЫЕ ИСПЫТАНИЮ**

## Қосымша Б

### Оқу процесіне енгізу актісі

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Международной  
образовательной корпорации

 М.Б. Жундитсова

«24»



#### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательской работы, выполненной в рамках  
диссертационной работы в учебный процесс

Настоящим актом подтверждается, что результаты научно-исследовательской работы, выполненной докторантом Ташмуханбетовой И.Б. в рамках диссертационной работы по теплоизоляционным покрытиям на основе тонкодисперсных минеральных зернистых систем внедрены в учебный процесс магистратуры по направлению «Инженерные системы и сети».

Выполненные на кафедре «Инженерные системы и сети» факультета общего строительства Международной образовательной корпорации Ф.И.О. исполнителя Ташмуханбетова Индира Беркинбаевна

1. Внедрены в лекционные и практические занятия по дисциплинам «Проектирование современных энергосберегающих технологий систем ТГВ» и «Проектирование современных энергосберегающих технологий систем ВиК» – магистратура (7М07351)  
*/наименование темы и вида учебной работы – лекционные, практические занятия и др./*
2. Новизна результатов диссертационной работы обоснованы и предложены энергоэффективные покрытия на основе тонкодисперсных минеральных зернистых систем с улучшенными теплоизоляционными характеристиками  
*/принципиально новые отличия от существующих разработок/*
3. Опытно-учебная проверка  
2 – семестр  
магистратуры  
*/указать учебный семестр и продолжительность применения/*
4. Эффект от внедрения технологии теплоизоляционных покрытий на основе тонкодисперсных минеральных зернистых систем с

современными способами и методами ведения работ и методологии их выбора

*/улучшения показателей учебы, совершенствование СРС и т.д./*

Внедрение научно-технических результатов диссертационной работы Ташмуханбетовой И.Б. в учебный процесс позволяет повысить качество подготовки выпускников по образовательным программам магистратуры Международной образовательной корпорации.

Декан факультета общего  
строительства МОК

  
Ж.Н. Молдамуратов

Заведующий кафедрой «Инженерные  
системы и сети» МОК

  
Г.С. Абиева

СОГЛАСОВАНО:  
Директор ДАВ МОК

  
Н.А. Кайдарова



## Қосымша В

### Өндірісте енгізу (қолдану) актісі



+7 707 515 00 15

www.allcon.kz

050000, РК, г. Алматы, ул. Макатаева, 127/3

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
ООО «ALL Construction»  
Жунусов А.С.  
2023 г.

#### АКТ ВНЕДРЕНИЯ (ИСПОЛЬЗОВАНИЯ)

результатов диссертационной работы Ташмуханбетовой И.Б.  
на тему: «Теплоизоляционные покрытия на основе тонкодисперсных минеральных  
зернистых систем»

Настоящим, подтверждается принятие к внедрению результатов исследования диссертационной работы Ташмуханбетовой И.Б. на тему: «Теплоизоляционные покрытия на основе тонкодисперсных минеральных зернистых систем».

Для внедрения (использования) были предоставлены следующие материалы:

- Теплоизоляционное покрытие на основе тонкодисперсных минеральных зернистых систем с указанием теплопроводности, адгезионной прочности и устойчивости.
- Состав и технология изготовления, описание компонентов, пропорций и технологии производства.
- Технологическая схема нанесения, руководство по этапам нанесения, оборудованию и контролю качества.

Полученные результаты научно-исследовательской работы использованы и внедрены при проектировании комплекта сушильной установки с системой газоотвода и очистки отработанных газов. Покраска теплоизоляционного покрытия осуществлялась на сушильном барабане, газоотводах ведущих из сушильного барабана в циклоны дымоочистки, далее в рукавный фильтр. Составы теплоизоляционных покрытий наносились ручным способом и машиной распыления высокого давления (GRACO).

#### Мы рекомендуем наше оборудование:

- |                       |                               |                      |                              |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------------|
| ■ Дезинтегратор       | ■ Ленточный транспортер       | ■ Приемные бункеры   | ■ Просеиватель и виброгрохот |
| ■ Шаровая мельница    | ■ Вибродозатор, вибропитатель | ■ Силосы накопители  | ■ Дорожные блокираторы       |
| ■ Щековая дробилка    | ■ Шнековый транспортер        | ■ Сушильные барабаны | ■ Маслостанция               |
| ■ Молотковая мельница |                               |                      |                              |



В результате внедрения теплоизоляционных покрытий достигнуты следующие положительные результаты:

- Значительное снижение теплотерь на объекте, ведущем к существенной экономии энергоресурсов;
- Повышение стойкости к воздействию агрессивных факторов, увеличивающее срок службы покрытий;
- Улучшение теплоизоляционных характеристик, что привело к повышению эффективности технологических процессов на объекте;
- Снижение издержек на техническое обслуживание и ремонт оборудования благодаря долговечности и надежности примененных покрытий;
- Улучшение общей энергетической эффективности объекта в результате оптимизации теплопередачи.

Данные результаты подтверждают высокую эффективность и практическую применимость разработанных теплоизоляционных покрытий на основе тонкодисперсных минеральных зернистых систем.

На основании вышеизложенного, подтверждаем успешное внедрение результатов диссертационной работы Ташмуханбетовой И.Б., и признаем его эффективным для использования в теплоизоляции сушильных барабанов роторного типа.

Директор  
TOO ALL CONSTRUCTION

А.С. Жунусов



**Мы рекомендуем наше оборудование:**

- |                       |                               |                      |                              |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------------|
| ■ Дезинтегратор       | ■ Ленточный транспортер       | ■ Приемные бункеры   | ■ Просеиватель и виброгрохот |
| ■ Шаровая мельница    | ■ Вибродозатор, вибропитатель | ■ Силосы накопители  | ■ Дорожные блокираторы       |
| ■ Щековая дробилка    | ■ Шнековый транспортер        | ■ Сушильные барабаны | ■ Маслостанция               |
| ■ Молотковая мельница |                               |                      |                              |

## Қосымша Г

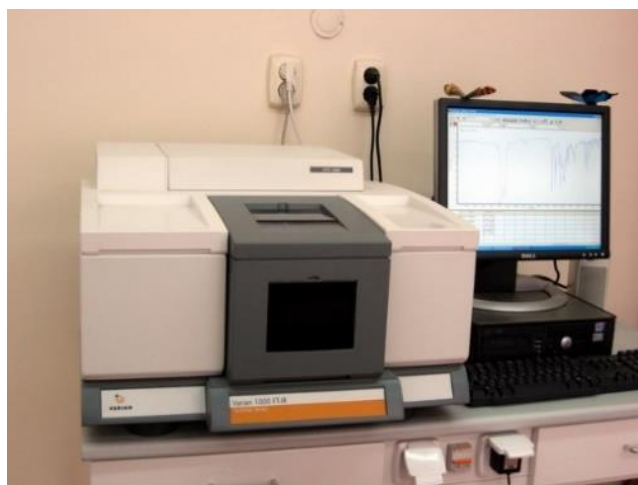
### Аспаптар



Сурет Г.1 – Инверттелген металлографиялық микроскоп OLYMUSGX-71



Сурет Г.2 – ShimadzuSALD-3101 бөлшектердің өлшем анализаторы



Сурет Г.3 – «NICOLET 5700 FT-IR» маркалы ИҚ-Фурье спектрометрі



Сурет Г.4 – Кіші бұрыштық рентгендік шашырау «Hecus S3-MICRO X-Ray SAXS/SWAX System» аспабы



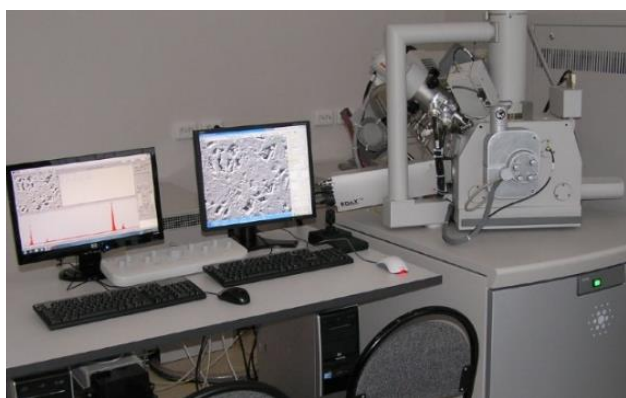
Сурет Г.5 – «СТ-400А» ультрадыбыстық ванна



Сурет Г.6 – ВЗ-4 типті вискозиметр



Сурет Г.7 – AGS-X сериялы сынақ машинасы



Сурет Г.8 – «SUPERPROBE 733» электрозондты микроанализаторы



Сурет Г.9 – «TGA/SDTA 851» термогравиметриялық талдау аспабы



Сурет Г.10 – ПСО МГ4 адгезия өлшегіші



Сурет Г.11 – ИТС-1 стационарлық жылу ағыны әдісімен жылу өткізгіштігін өлшеуге арналған құрал



Сурет Г.12 – Novo-gloss сериялы фотоэлектрлік жылтырлық дәрежесін өлшегіш