

М.Әуезов атындағы Оңтiстiк Қазақстан университетi

ӘОЖ: 666.3-1



Қол жазба құқығында

**КУДАБАЕВ РУСЛАН БАХТИЯРОВИЧ**

**Ғимараттардың қоршау конструкциялары үшін мұнайды қайта өңдеу өнімдерінің негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материал**

6D073000 – «Құрылыс материалдарының, бұйымдарының және құрастырылымдарының өндірісі»

Философия докторы (PhD)  
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер:

т.ғ.к., доцент

Калшабекова Э.Н.

т.ғ.д., профессор

Касимов И.У.

Қазақстан Республикасы  
Шымкент, 2024

## МАЗМҰНЫ

	<b>НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР</b>	4
	<b>АНЫҚТАМАЛАР</b>	6
	<b>БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР</b>	7
	<b>КІРІСПЕ</b>	8
1	<b>ҚҰРЫЛЫСТА ЖЫЛУАККУМУЛЯЦИЯЛАУШЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ ҚОЛДАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІ БОЙЫНША ӘДЕБИ ШОЛУ. ЗЕРТТЕУДІҢ МАҚСАТЫ МЕН МІНДЕТТЕРІ</b>	13
1.1	Жылуаккумуляциялаушы материалдарды құрылыс индустриясында қолдану тәжірибесі	13
1.2	Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар, олардың жылуфизикалық қасиеттері	24
1.3	Ғимараттардың қоршау конструкцияларына арналған фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалға қойлатын талаптар	31
1.4	Тауарлы парафиндерді қоршау конструкцияларында жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде қолдану тиімділігінің негіздемесі	36
1.5	Тарау бойынша негізгі қортындылар. Зерттеудің мақсаты мен міндеттері	40
2	<b>ҒИМАРАТТАРДЫҢ СЫРТҚЫ ҚОРШАУЫНДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН БАЛҚУ ТЕМПЕРАТУРАСЫ 25°C ДЕЙІНГІ ЖЫЛУАККУМУЛЯЦИЯЛАУШЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ ЖАСАУ</b>	43
2.1	Тауарлық парафиндер негізінде балқу температурасы 25°C дейінгі жылуаккумуляциялаушы материалдарды алу тәсілін негіздеу	44
2.2	Парафиндер негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылуфизикалық және эксплуатациялық қасиеттерін зерттеу әдістемесі	49
2.3	Зерттелетін жылуаккумуляциялаушы материалдарды жасауға арналған бастапқы парафиндердің қасиеттері	51
2.4	Парафиндер мен n-алкандар негізінде жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу	53
2.4.1	Сұйық және қатты фазалық күйдегі парафиндерді араластыру арқылы жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу	53
2.4.2	Жеке n-алкандардан және олардың араласпаларынан жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу	55
2.5	Энергетикалық белсенді панельдер мен гелиокамерада сыналатын материалдар үшін шикізаттық материалдар және зерттеу әдістері	56
	Бөлім бойынша негізгі қорытындылар	57

3	<b>ПАРАФИН НЕГІЗІНДЕ ӨЗІРЛЕНГЕН ЖЫЛУАККУМУЛЯЦИЯЛАУШЫ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ФИЗИКО-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЖЫЛУФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ</b>	59
3.1	Өзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамдас құрамын мен физико-химиялық қасиеттері зерттеу	59
3.2	Жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу және фазалық ауысу энтальпияларын лабораториялық зерттеу	63
3.3	Өзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың температураға байланысты кристалдануы және балқуы кезінде кеңеюі әсерінен шөгу процесін зерттеу	67
3.4	Өзірленген жылужинақтаушы материалдардың эксплуатациялық қасиеттерін зерттеу	73
3.4.1	Тауарлы парафиндер негізіндегі ЖАМ-25 ұзақ мерзімге сақтау мүмкіндігін зерттеу	73
3.4.2	Жылуаккумуляциялаушы материал қасиеттерінің фазалық күйі ауысу циклдары кезіндегі тұрақтылығын анықтау	74
3.4.3	Өзірленген жылужинақтаушы материалдардың сыртқы түрі мен түсін бағалау	75
3.4.4	Жылуаккумуляциялаушы материалдардың металға байланысты коррозиялық белсенділігі	75
	Үшінші бөлім бойынша негізгі қорытындылар	76
4	<b>ҚҰРЫЛЫСТА ПАРАФИН НЕГІЗІНДЕ ЖАСАЛҒАН ЖЫЛУАККУМУЛЯЦИЯЛАУШЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІН НЕГІЗДЕУ</b>	79
4.1	Жылуаккумуляциялаушы материалмен жасалған қоршаудың энергия белсенді қоршау конструкциясы	79
4.1.1	Энергияға белсенді жылу аккумуляциялаушы қабаты бар қоршау конструкциясы	79
4.1.2	Қоршау конструкциясының жылулық күйін есептеу тапсырмасындағы жанама жылуалмасуды үлгілеу	82
4.1.3	Энергия белсенді қоршауларда жүретін жылу үрдісінің жеңілдетілген математикалық үлгісі	89
4.1.4	Қоршау конструкцияларының қарастырылған нұсқаларының тиімділігін есептік салыстыру нәтижелері	92
4.2	Жылуаккумуляциялаушы қабаты бар сыртқы қоршау құрылымының тиімділігін бағалау	97
4.3	Өзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдарды бетон және темірбетонды бұйымдарды жылумен өңдеуге арналған гелиокамераларда қолдану мүмкіндігін зерттеу	104
	Төртінші бөлім бойынша қорытындылар	107
	<b>ҚОРЫТЫНДЫ</b>	109
	<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ</b>	112
	<b>ҚОСЫМША</b>	129

## НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Бұл диссертациялық жұмыста келесідей стандарттарға сілтемелер жасалды:

СТ РК ГОСТ 12.4.026-2002 Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Общие технические условия и порядок применения.

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.4.021-75 Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация.

ГОСТ 1510-84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

ГОСТ 2477-65 Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды.

ГОСТ 2517-2012 Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.

ГОСТ 3900-85 Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности.

ГОСТ 4255-75 Нефтепродукты. Метод определения температуры плавления по Жукову.

ГОСТ 6307-75 Нефтепродукты. Метод определения наличия водорастворимых кислот и щелочей.

ГОСТ 6370-83 (СТ СЭВ 2876-81) Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей.

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

ГОСТ 19433-88 Грузы опасные. Классификация и маркировка.

ГОСТ 23683-89 Парафины нефтяные твердые. Технические условия.

ГОСТ 24597-81 Пакеты тарно-штучных грузов. Основные параметры и размеры.

ГОСТ 26653-2015 Подготовка генеральных грузов к транспортированию. Общие требования.

ГОСТ 26663-85 Пакеты транспортные. Формирование с применением средств пакетирования. Общие технические требования.

ГОСТ 31872-2012 Определение группового углеводородного состава методом флуоресцентной индикаторной адсорбции

ГОСТ 33-2000 Плотность и кинематическая вязкость разработанного теплоаккумулирующего материала

СП РК 2.04-01-2017 Строительная климатология  
СП РК 2.04-107-2013 Строительная теплотехника

## АНЫҚТАМАЛАР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі терминдерге сәйкес анықтамалар қолданылған:

**Жылуаккумуляциялаушы материалдар (ЖАМ)** - күндізгі және түнгі фазалық ауысудың жылуын мезгіл-мезгіл сіңіру және бөлу арқылы бөлмедегі қажетті температураны сақтаушы материалдар

**Парафин** - қалыпты құрылымды  $C_{18}-C_{35}$  аралығындағы қаныққан көмірсутектердің қоспасынан тұратын су мен этанолда ерімейтін түссіз зат

**Бетон** - құрамы рационалды түрде таңдалған, байланыстырғыш зат, толтырғыштар, су және қажет жағдайда қоспадан тұратын араласпаның қатуынан пайда болған жасанды тас

**Аязға төзімділік** - суға қаныққан материалдың алма-кезек мұздату мен еріту жағдайында негізгі қасиеттерін сақтап қалу қабілеті

**Жылу өткізгіштік** - үлгінің 1 м қашықтығынан 1 м<sup>2</sup> ауданы бойынша 1 сағат мөлшерінде қарама-қарсы беттерінде температураның 1<sup>0</sup>С өзгермейтін жылу мөлшері

**Беріктік** - материалдардың сыртқы, күштердің әсеріне қарсыласу қасиеті

**Микрокапсулалар** - материалдарды қоршап тұрған біркелкі қабрғадан тұратын шағын сфера

**Фазалық ауысу** - сырттық жағдайлардың өзгеруінен заттың бір фазадан екінші фазаға ауысуы

**Қоршау конструкциясы** - Белгілі бір жұмыс режимін құру үшін кеңістікті шектеу қызметін атаратын конструкция (қабырғалар, жабындар және т.б.)

**Энергия үнемдеу** - энергетикалық ресурстарды пайдалануда жағымды әсерлерді сақтай отырып, қолданылатын энергетикалық ресурстардың көлемін үнемдеу

**Ұзаққа төзімділік** - материалдың пайдалану жағдайында атмосфералық және басқа да факторлардың кешенді әсеріне қарсылық көрсету қабілеті

**Гелиокондырғы** - күн сәулесі энергиясын қабылдап оны іс жүзінде пайдалануға қолайлы энергиясына айналдыратын қондырғы

**Экологиялық қауіпсіздік** - халықтың өмірдік маңызды мүдделері мен құқықтарын қоршаған ортаға техногенді және табиғи ықпал ету нәтижесінде туындайтын қатерден сақтау жағдайы

**Тығыздық** - зат массасының осы зат көлеміне қатынасы

## БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

ЖАМ	- жылуаккумуляциялаушы материалдар
ҰТӨНБ	- ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон
ФЖАМ	- фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар
ЖЖ	- жылужинаққтаушы
ФКӨМ	- фазалық күйі өзгертін материалдар
ККЖ	- көп компонентті жүйе
ЖЭСЖ	- жылу энергиясын сақтау жүйесі
Вт	- Ватт
Дж	- Джоуль
мм	- миллиметр
МПа	- Мега Паскаль
т	- тонна
см	- сантиметр
г	- грамм
сағ	- сағат
МЕСТ	- Мемлекеттік стандарт
тг	- теңге
мин	- минут
°С	- Цельсия градусы
кг/м <sup>3</sup>	- килограмм текше метр
Т	- уақыт, сек
%	- пайыз
К	- Келвин
МДж	- мегаджоуль

## КІРІСПЕ

Энергияны үнемдейтін, тиімді азаматтық үйлерді салу және олардың энергияны белсенді пайдаланатын жаңа түрлерін жобалау, сыртқы қоршауларды жобалау әдістерімен, конструкциялық шешімдерімен және жылу энергиясын аккумуляциялаумен тікелей байланысты болып келеді. Құрылыс индустриясы саласында бұл замануи ғылыми бағыттың дамуы құрылыс материалдарын өндіру саласында жылуаккумуляциялаушы, жылу тиімділігі жоғары құрылыс материалдары саласының дамуына алып келді.

**Мәселенің өзектілігі.** Құрылыста жылуаккумуляциялаушы материалдарды қолдану салалары мен олардың түрлері бүгінгі күні айтарлықтай көп. Осыған байланысты ғимараттардың эксплуатациялық жағдайларына бейімделген жаңа тиімді жылужинақтағыш материалдарды әзірлеу және олардың жылуфизикалық қасиеттерін зерттеу, сондай-ақ жылужинақтау көрсеткіштері жоғары көп компонентті жылуаккумуляциялаушы материалдарды зерттеу мен пайдалануды күшейту қажеттілігі туындайды.

Энергетикалық тиімді және энергияны аккумуляциялау мүмкіндігі жоғары құрылыс материалдарын әзірлеуде, жылуды жасырын сақтау қабілеті бар жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу тиімді бағыты тиімді болып келеді. Ондай материалдардың ішінде фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдардың орыны ерекше. Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарда жылуэнергиясының жиналуы немесе қоршаған ортаға таралуы фазалық ауысу кезінде, яғни материал бір күйден, екінші күйге ауысуы кезінде жүреді. Қатты күйден сұйық күйге ауысу кезінде бұл материалдар қарапайым құрылыс материалдар тәрізді жылуды өзіне сіңірген кезде температурасы өседі. Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарда жылуды аккумуляциялау материалдың кристалдық құрылымының бұзылуы, ал жылуды қоршаған ортаға беру кристаллдардың қайта қалыптасуы арқылы жүзеге асады, бұл фазалық ауыспалы материалдардың дәстүрлі жылуаккумуляциялаушы материалдардан негізгі ерекшелігі болып табылады.

Сондықтан, жоғары жылусыйымдылыққа ие, пайдалану кезінде қасиеттері жоғары тұрақтылыққа ие, экономикалық тұғырдан тиімді, энергия тиімділігі жоғары және өндіріс қалдықтарынан әртүрлі жылуаккумуляциялаушы материалдарды алу маңызды мақсат болып табылады және оларды құрылыста тиімді қолдануы кешенді зерттеулерді талап етеді.

Жоғарыда айтылғанға сәйкес мұнай және мұнай қалдықтарынан алынатын тауарлы парафиндер негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалдарды жасау және зерттеу, сонымен қатар оларды азаматтық үйлердің қоршау конструкцияларында қолдану бүгінгі күннің өзекті мәселесі болып табылады



**Жұмыстың ғылыми-зерттеу жоспарларымен байланысы.** Жұмыс М.Әуезов атындағы ОҚУ ғылыми-зерттеу жұмыстарының тақырыптық жоспарына енгізілген ГБ НИР-21-02-06 «Түркістан облысының шикізаттары негізіндегі құрылыс материалдары, бұйымдары және конструкцияларының пайдалану тиімділігін арттыру» мемлекеттік бюджеттік тақырыбына сәйкес жүргізілді.

**Тақырыпты әзірлеуге** ғимарат қоршау конструкцияларының жылуаккумуляциялау қасиетін арттыру және энергия белсенді қоршау конструкцияларын алуға мүмкіндік беретін энергияны үнемдейтін жылуаккумуляциялаушы материал алу және оларды өндірудің қолайлы әдістерін әзірлеу қажеттілігі негіз болды.

Тақырыпты әзірлеу үшін тауарлық парафиндердің жылутехникалық және пайдалану қасиеттері, олардың құрамы мен негізгі қасиеттерін зерттеудің қолданыстағы әдістері, құрылыс аймағының климаттық сипаттамалары, жылу тиімді қоршау конструкцияларын жобалау және пайдалану тәжірибесі, сондай-ақ сыртқы қоршау конструкцияларын салу және пайдалану бойынша негізгі нормативтік-техникалық құжаттар бастапқы дерек ретінде пайдаланылды.

**Диссертациялық зерттеудің идеясы** - тауарлық парафиндер мен н-алкандар негізінде қажетті жылуфизикалық қасиеттері бар үйлердің сыртқы қоршауларында пайдалану үшін жылуаккумуляциялаушы материалды әзірлеу және оларды қолданудың тиімділігін энергия белсенді сыртқы қоршау конструкциялары мен бетон мен темірбетон бұйымдарын жылумен өндеуге арналған гелиокамералар мысалында көрсету болып табылады.

**Жұмыстың мақсаты.** Мұнайлы тауарлық парафиндер негізінде ғимараттың қоршау конструкцияларында қолдануға арналған фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалды жасау және оның тиімділігін негіздеу.

**Зерттеу нысаны.** Ғимараттар мен үйлердің сыртқы қоршау конструкцияларында қолдануға арналған тауарлы парафиндерден жасалған фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар.

**Зерттеу саласы.** Ғимараттардың көпқабатты қоршау конструкцияларында қолданылатын жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттері мен оларды сыртқы қоршау конструкцияларында қолдану тиімділігі.

**Қойылған міндеттерге қол жеткізу әдістері.** Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамы, физика-химиялық, жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттерін анықтау және зерттеу әдістері мен әдістемесі диссертациялық зерттеудің мақсаты мен міндеттері негізінде таңдалды.

Зерттеуде қажетті техникалық қасиеттерге ие жылуаккумуляциялаушы материалды алудың 2 әдісі қарастырылды: 1) әр түрлі фазалық күйдегі тауарлық парафиндерді белгілі қатынаста араластыру; 2) қажетті балқу

температуралы және жалпы энтальпиясы жоғары бірнеше жеке n-алкандарды араластыру арқылы алу.

Тауарлы парафиннің құрамынан парафиннің қажетті жеке фракцияларын бөліп алу үшін ерігіштік параметрлеріне сәйкес еріткіштермен фракцияларды ретімен экстракциялауға негізделген әдіс қолданылды.

Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу және фазалық ауысу температуралары, жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттері сәйкес МЕСТ әдістемелерімен анықталды.

**Диссертациялық жұмыстың мақсатына қол жеткізу үшін келесі міндеттер қойылды:**

- жылуаккумуляциялаушы материалдарды құрылыс саласында қолдануға, фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар мен олардың жылутехникалық қасиеттеріне әдеби шолу жасау арқылы тауарлы парафиндерді ғимараттардың сыртқы қоршауларында қолдануға арналған жылуаккумуляциялаушы материалдардың тиімділігін негіздеу;

- қоршау конструкциялары үшін тауарлық парафиндер негізінде балқу температурасы  $+25^{\circ}\text{C}$ , балқу және кристалдану энтальпиясы жоғару ( $200\text{Дж/г}$  дан жоғары) жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу және оларды алу тәсілдерін сипаттау;

- ЖАМ зерттеу әдістері мен тәсілдерін әзірлеу және сол әдістерге сәйкес парафиндер мен олардың компоненттері негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалдарының физика-химиялық, жылуфизикалық және эксплуатациялық қасиеттерін зерттеу;

- әзірленген фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарды ғимараттардың энергетикалық белсенді қоршау конструкцияларында қолданудың тиімділігін негіздеу;

- энергияға белсенді қоршау конструкцияларында қолданылатын балқу температурасы  $+25^{\circ}\text{C}$ , жалпы энтальпиясы  $200\text{ Дж/г}$  ден жоғары жылуаккумуляциялаушы материалдарға ұйым стандартын әзірлеу.

**Диссертацияның ғылыми жаңалығы:**

- тауарлық парафиндер негізінде ғимараттардың қоршау конструкциялары үшін балқу температурасы  $25^{\circ}\text{C}$  дейінгі және балқу энтальпиясы жоғары ( $200\text{ Дж/г}$  жоғары) жылуаккумуляциялаушы материал әзірленіп, оларды алудың екі негізгі әдісі ұсынылды;

- әзірлену режимдерінің, фракциялық құрамының, кристалдану және фазалық ауысу жағдайларының өзгеруі кезіндегі әр түрлі фазадағы парафиндер мен жеке n-алкандар негізінде жылутехникалық қасиеттері тұрақты жылуаккумуляциялаушы материалдарын алу механизмдері зерттелді;

- қажетті жылутехникалық қасиеттері бар фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамын басқаруға мүмкіндік беретін, кристалдық күйіндегі балқу және фазалық ауысу энтальпияларымен жылуаккумуляциялаушы материалдың жалпы энтальпиясының бастапқы парафиндердің компоненттік құрамына тәуелділіктері зерттеліп, анықталды;

- әзірленген ЖАМ негізінде энергетикалық белсенді қоршау конструкциялары және темірбетонды бұйымдар мен конструкцияларын жылуылғалды өңдеуге арналған гелиокамера әзірленіп, олардың тиімділігі тәулік және жыл мезгілдеріне, құрылыс бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеу режимдеріне байланысты зерттелді.

#### **Қорғауға шығарылатын ғылыми нәтижелер:**

- қажетті балқу температурасы мен жоғары жалпы энтальпияға ие қатты және сұйық тауарлы парафиндерді әртүрлі қатынаста және n-алкандардың жеке фракцияларын араластыру арқылы қажетті жылуфизикалық қасиетке ие фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарды алу әдістері;

- парафиндер негізіндегі алынған жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттерін зерттеу әдістері мен әдістемелері;

- энергияға белсенді қоршау конструкцияларында қолдану үшін жасалған парафиндер негізінде балқу температурасы 25<sup>0</sup>С дейін, жалпы энтальпиясы 200 Дж/г жоғары жылуаккумуляциялаушы материал және анықталған жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттері;

- парафиндер негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдарды ғиамарт қоршау конструкцияларында қолдану тиімділігін есептік негіздеу нәтижелері;

- үйлердің қоршау конструкцияларында қолдануға арналаған балқу температурасы +25<sup>0</sup>С және жалпы энтальпиясы 200 Дж/г жоғары фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдың ұйым стандарты.

**Диссертацияның практикалық құндылығы** ғиамарттың энергетикалық белсенді қоршау конструкцияларында жылу аккумуляциялау үшін қолданылатын қажетті физика-химиялық, жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттерге ие жылуаккумуляциялаушы материалдар мен оларды өндіру әдістерінде.

Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдарды, сондай-ақ оларды алу әдістерін құрылыс индустриясының, ғылыми-зерттеу және жобалау институттарының инженерлік-техникалық қызметкерлері үйлердің жаңа энергетикалық белсенді жылуаккумуляциялаушы және энергия үнемдеуші қоршау конструкцияларын жобалауда немесе қолданыстағы ғиамарттарды қайта күрделі жөндеу кезінде пайдалана алады.

Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы пайдалы модельдерге арналған 3 патент (08.06.2018ж. №3951 «Көпқабатты жылу тиімді қоршау конструкциясы»; 02.07.2019ж. №4426 «Энергия белсенді панелі бар қоршау конструкциясы»; 17.08.2021ж. №6631 «Күн энергиясын пайдалана отырып, бетон және темірбетон бұйымдарын жылулық өңдеуге арналған қондырғы») және инновациялық патент (10.12.2019ж. №34970 «Жылуаккумуляциялаушы материалы»), сондай-ақ Қазақстан Республикасының Зияткерлік меншік институты берген «Энергетикалық белсенді қоршау конструкцияларының жылу тиімділігін анықтау және жылуаккумуляциялау қасиетін бағалау әдістемесі» авторлық куәлігімен,

сондай-ақ ЖАМ-25 маркалы тауарлық парафиндер негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалы СТ 2425-1958-01-ГП-007-2023 ұйым стандартымен және диссертациялық жұмыстың нәтижелерін өндіріске енгізу актілерімен негізделген.

**Ғылыми ережелердің, қорытындылар мен ұсыныстардың негізділігі мен дәйектілігі:**

- міндеттерді қою мен шешудің дұрыстығымен, соңғы нәтижелердің ғылыми әдебиеттерде белгілі мәліметтермен сәйкестігімен, зерттеушінің жеке жүргізген эксперименттік нәтижелерінің физика-химиялық зерттеулермен дәлелденуімен негізделеді;

- әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың компоненттік құрамы, жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттерін зерттеудің стандартты және дәлелденген әдістері мен әдістемелерін қолдануы арқылы;

- жұмыс нәтижелерінің жеткілікті дәрежеде жариялануы және алынған нәтижелердің фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар теориясының іргелі ережелеріне қайшы келмеуімен дәлелденген.

**Зерттеу нәтижелерінің жариялануы.**

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері бойынша 18 ғылыми еңбек жарияланды. Олардың ішінде 3 мақала Scopus және Web of Science дерекқорына кіретін шет елдік журналдарда, 4 мақала ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынатын ғылыми басылымдарда және халықаралық конференциялар материалдарында жарық көрді.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.**

Диссертациялық жұмыстың құрылымы зерттеудің мазмұны мен міндеттеріне сәйкес келеді және кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, 216 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және 9 қосымшадан тұрады. Жұмыс көлемі 129 бетті құрайды, 24 сурет және 37 кесте.

# **1 ҚҰРЫЛЫСТА ЖЫЛУАККУМУЛЯЦИЯЛАУШЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ ҚОЛДАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІ БОЙЫНША ӘДЕБИ ШОЛУ. ЗЕРТТЕУДІҢ МАҚСАТЫ МЕН МІНДЕТТЕРІ**

## **1.1 Жылуаккумуляциялаушы материалдарды құрылыс индустриясында қолдану тәжірибесі**

Ел экономикасын энергия үнемдеу бағытына көшіру, соған сәйкес энергетикалық ресурстарды тиімді пайдалануды жолға қою еліміздің энергетикалық саясатының негізгі бағыттарының бірі болып табылады [1].

Жылу және электр энергиясының өте маңызды тұтынушысы – бұл құрылыс саласы.

Заманауи нормативтік-құқықтық база және құрылыс нормалары мен ережелері жобалаушылар мен құрылысшылардың алдына ғимараттардың энергия тиімділігі бойынша санатын арттыру, энергетикалық ресурстарды тиімді және ұтымды пайдалану бойынша нақты міндеттер қоюда. Қазақстанда тұрғын үй құрылысы қарқынды дамып келеді және соған сәйкес жылдың кезкелген мезгілінде тұру қолайлы тұрғын үйлердің сапасын анықтаушы талаптарға: жылу, салқындық, құрғақтық, тыныштық талаптары жатады. Сонымен бірге, заманауи тұрғын үйлердің негізгі сипаттамаларының бірі үйлерді жылытуға жұмсалатын шығындарды төмендетуге, атап айтқанда «пассивті үйлер» деп аталатын жылыту жүйелерін немесе энергия үнемдейтін үйлер құрылысына бағытталған, энергияны тұтынуды азайту жолдарын іздестіру болып табылады. Қазіргі уақытта көптеген елдер, оның ішінде климаттық жағдайлары қолайлы елдерде де осы бағыттағы ізденістер жүргізілуде. Біздің елімізде 2012 жылдың 13-қаңтарындағы № 541-IV «Энергия үнемдеу және энергия тиімділікті жоғарлату туралы» Қазақстан Республикасының заңы негізінде энергия үнемдеудің мемлекеттік саясаты қалыптасқан. Соған сәйкес: энергия үнемдеуші материалдар (энергетикалық қорларды пайдаланудың тиімділігін жоғарлатуға мүмкіндік беретін материалдар), жылулық модернизация (үйлердің жылу техникалық сипаттамаларын жақсарту бойынша, оларда жылу энергиясы шығынын төмендетуге әкелетін іс-шаралар), үйлердің энергия тиімділік санаты (үйлерді пайдалану сатысындағы энергия тиімділігін сипаттайтын энергия тұтыну бойынша үнемділік деңгейі) және тағы басқа да жаңа түсінікер ендірілді. Жылулық қорғау бойынша нормаларды қатаңдату және басқа елдерде қабылданған нормаларға сәйкестендіру, іс жүзінде тұрғын үйлер құрылысында бір қабатты қабырғаларды пайдаланудың тиімсіз екенін көрсетуде.

Энергия үнемдейтін үйлер құрылысы құрылыс алаңын таңдаудан, үйлерді және инженерлік жүйелерді жобалаудан бастап, құрылыс материалдарын таңдауды аяқтағанға дейін барлық сатылардан тұрады.

Құрылыс материалдарын таңдауда басты назар оның құрамы, құрылымы және қасиеттеріне, үйлер мен ғимараттарды пайдалану кезіндегі энергия

шығынын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік беретін жылуоқшаулағыш материалдарға ерекше бөлінеді.

Құрылыста жылуоқшаулағыш материалдарды пайдалану жұмыстардың индустрияландырылу дәрежесін жоғарлатуға мүмкіндік береді, өйткені олар ірі өлшемді құрастырмалы конструкциялар мен бөлшектерді жасау мүмкіндігін беріп, конструкциялардың номенклатурасын, құрылыс материалдары қажеттілігін және жылу шығындарын айтарлықтай азайтады. Жылуоқшаулауға жұмсалған шығын жылуды сақтау есебінен 1-1,5 жылда ақталады. Оларды құрылыста қолдану қоршау конструкциялары (қабырға, жабын) қалыңдықтарын кішірейтуге мүмкіндік береді, негізгі материалдар (кірпіш, бетон, ағаш) шығынын азайтады, конструкцияларды жеңілдетеді және оның құнын төмендетеді, пайдалану кезеңінде отын шығынын азайтып, бөлмелерде шу деңгейін төмендетеді.

Құрылыста энергия үнемдейтін заманауи, сапалы және қымбат емес материалдарға сұраныс артып, оларды өндіру технологиясы жетілдірілуде, сапасы жақсаруда, құрылымы мен қасиеті ғана емес сонымен қатар құрылыста қолдану әдістемесімен ерекшеленетін инновациялық материалдар әзірленуде. Көптеген жылуоқшаулағыш құрылыс материалдары көптен бері қолданылатын дәстүрлі материалдар болса, ал кейбіреулері ғылыми зерттеулер нәтижесінде әзірленген және дамушы жаңа материалдарға жатады. Қазіргі таңда жылуоқшаулағыш материалдар ретінде ұялы құрылымға ие көбіндірілген полимерлер, құрамында өсімдік талшықтары бар композициялық материалдар, ұялы бетондар: газ- және көбікті бетондар, кеуекті толтырғышты жеңіл бетондар, керамикалық, шыны материалдар, кеңінен қолданылады [2,3]. Дегенмен, құрылыс конструкцияларының энергия тиімділігін арттыру бағытында тың ізденістер, жылу энергиясын үнемдеудің жаңа формалары мен материалдардың жаңа түрлерін әзірлеу бағытындағы зерттеулерді қажет етеді. Бұл өзекті мәселені шешудің тиімді әдістерінің бірі жылуаккумуляциялаушы материалдарды (ЖАМ) қолдана отырып, қоршау конструкцияларының жаңа құрылыс жүйелерін енгізу болуы мүмкін.

Халық шаруашылығының түрлі салаларында жылу энергиясын пайдалану тиімділігін арттыру шараларының бірі түрлі жылуаккумуляциялаушы материалдарды (ЖАМ) және жылу аккумуляторларын (ЖА) түрлі конструкцияларда қолдану арқылы жылуды жинақтау [4-12].

Энергияны жылулық аккумуляциялаушы жүйелердің маңызды сипаттамалары [5]:

- салмақ немесе көлем бірлігіндегі жылусыйымдылығы;
- температураның жұмысшы интервалы, яғни жүйеге жылу тасымалдағыштың ену және шығу температурасы;
- жылуды беру және кері алу тәсілі және соған сәйкес температураның ауытқуы;
- аккумулятордағы температураның стратификациясы;
- жылуды беру және шығаруға қажетті талап етілетін қуаттылық;

- жылуаккумуляциялаушы жүйеге байланысты контейнерлер, бактар немесе басқада конструкциялық элементтердің көлемі;
- жылу аккумуляторындағы жылу шығынын реттеуші приборлар;
- әзірлеу және пайдалану шығындары болып табылады.

Жалпы алғанда жылу жинақтағыштарды әзірлеу температура деңгейіне, қондырғының өлшемдеріне және жылуаккумуляциялау ұзақтығын тәуелді болады.

Жылу жинақтағыштарды (ЖЖ) жинақтау температурасының деңгейіне сәйкес үш топқа бөледі: төмен температуралы жылу жинақтағыштар ( $35^{\circ}\text{C} < t < 100^{\circ}\text{C}$ ) [12]; орта-температуралы ( $100^{\circ}\text{C} < t < 500^{\circ}\text{C}$ ); жоғары температуралы ( $t > 500^{\circ}\text{C}$ ) [10]. Жылуды пайдалану көлеміне байланысты олар ұсақ масштабты (орталықтырылмаған тұтынушылар үшін) және ірі масштабты (ірі орталықтырылған жүйелер үшін) болып, ал жылу аккумуляторлары жылуды сақтау ұзақтығына байланысты қысқа мерзімді (1-2 тәулік), орта мерзімді (1 айға дейін), маусым аралық (жарты жылға дейін) [13, 14] болып жіктеледі.

Температура деңгейі, аккумуляциялаушы қондырғының масштабы және жылуды сақтаудың қажетті ұзақтығы аккумуляциялаушы конструкция мен жылуаккумуляциялаушы материалдарды таңдау талаптарын анықтайды.

Сонымен қатар, аккумуляциялау температурасы неғұрлым жоғары болса, жылу шығындарына байланысты соғұрлым жинақтаудың үлкен ұзақтылығын қамтамасыз ету қиын. Дегенмен жылу оқшаулауды жақсарту арқылы жылу шығынының қарқындылығын кемітіп, аккумуляцияланған энергияны сақтау мүмкіндігін арттыруға болады. Сондықтан талап етілген жылуды сақтау ұзақтығы жылуаккумуляциялаушылардың түріне, конструкциясына және құнына байланысты болады. Жылуаккумуляциялаушы материалдарды (ЖАМ) материалдардың түріне, жылуды жинақтау мен беру тәсіліне, жұмыстың қайталануна байланысты жіктейді [15] (1.1 сурет).

Жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу кезінде ЖАМ таңдау маңыздылығы жоғары мәнге ие. Сондықтан ЖАМ-дың сипаттамасын оңтайландыру мәселесі бүгінгі күнде өте өзекті болып тұр [14, 15, 17].

[5-11, 12, 14, 15, 18, 19] еңбектерді талдау қазіргі уақытта жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде негізінен су, май қышқылдары, тастар, су, газдар, эвтектикалық тұздар кеңінен қолданылатынын көрсетеді және оларды қолдану аймағы түрлі факторларға тәуелді.



Сурет 1.1 – Жылуаккумуляциялаушы материалдарды жіктеу [15]

Азаматтық және өндірістік құрылыстың энергетикалық тиімділігін арттырудың тиімді бағыттарының бірі жылуды аккумуляциялау процесін пайдалану болып табылады [20-23]. Жылу аккумуляциялау процесі тұрғын-үй және қоғамдық ғимраттардың қоршау конструкцияларында әртүрлі жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдалану арқылы энергетикалық тиімді жағдайларды қамтамасыз етумен байланысты. Пассивті және энергетикалық белсенді қоршау конструкцияларындағы жылуды аккумуляциялау процесі қабаттардағы материалдардың жылу техникалық қасиеттерін пайдалану және қоршау конструкциясындағы осы қабаттардың оңтайлы орналасуы арқылы жүзеге асырылады [24-28].

Техникада кеңінен қолданылатын жылу сыйымдылықты ЖАМ негізгі сипаттамалары кесте 1.1 келтірілген. 100 °С дейінгі температураға дейін тиімді жылуаккумуляциялаушы материал ретінде су қолданылады. Оның меншікті жылу сыйымдылығы жоғары  $c = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , негізгі сипаттамалары мен эксплуатациялық қасиеттері тиімді және арзан материал болып табылады. Маусымды жылуаккумуляциялау үшін жерасты суларын, тау жыныстарын және басқа да табиғи түзілімдерді пайдалану тиімді болып табылады. Барлық жылу сыйымдылықты жылуаккумуляциялаушы материалдардың негізгі кемшіліктеріне салысырмалы төмен жылу жинақтау қабілеті мен



жылуаккумуляциялаушы материалдың зарядтау және разрядтау температурасының тұрақсыздығын жатқызуға болады.

1.1 кесте - Жылу сыйымдылықты жылуаккумуляциялаушы материалдардың негізгі сипаттамалары [10]

Материал	Температуралық аралық, (°C)	Меншікті жылу сыйымдылық, кДж/(кг °C)	Көлемдік жылу сыйымдылық, кДж/(м <sup>3</sup> °C)	Жылу өткізгіштік, Вт/(м °C)
Қатты				
Натрий хлориді	< 800	0,92	2,0	9 <sup>1,2</sup>
Шойын	< 1500	0,46	3,6	70 <sup>2</sup> – 34 <sup>3</sup>
Тас, (гранит)	< 1700	0,79	2,2	2,72
Кірпіш		0,84	1,4	0,6
Жер (күрғақ)		0,79	1,0	1,0
Сұйық				
Су	0-100	4,2	4,2	0,6
Май («термо»)	50-ден 330-ға дейін	2,4	1,9	0,1
Натрий	98-ден 880-ге дейін	1,3	1,3	852-603
Диэтиленгликоль	10-нан 240-қа дейін	2,8	2,9	

1 Кеуектілігі ауамен толтырылған гранулденген материал жақдайында - аз

2 1000 °C кезінде

3 700 °C кезінде

Сондықтан, ЖАМ ретінде қолданылатын материалдар үлкен жылу сыйымдылыққа ие болып, температураның жұмысшы диапазонында тұрақты болуы тиіс. Оған қоса, олардың жылу өткізгіштігі жоғары немесе оларға жылу беру және жылуды алып кетудің қолайлы тәсіліне ие болуы қажет. Жылу сыйымдылықты жылуаккумуляциялаушы материалдармен салыстырғанда фазалық ауыспалы ЖАМ жоғары меншікті жылуаккумуляциялау қабілетіне ие.

Тұрғын үй және қоғамдық ғимараттардың қоршау конструкцияларында пассивті жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде салыстырмалы түрде жоғары жылу сыйымдылығына ие бетон, кірпіш, тас, ағаш сияқты құрылыс материалдарды пайдаланады, олар жылу энергиясын қыздырған кезде тікелей сіңіреді және кейіннен салқындаған кезде қоршаған ортаға қайтарады.

Ғылыми әдебиеттерді талдау сыртқы қабырғаларда фазалық ауыспалы материалдарды (ФАМ) пайдаланумен жылу энергиясын аккумуляциялаушы жүйелердің көптеген түрлері белгілі екенін көрсетеді.

Техникада фазалық ауысу жылуын пайдалану ертеден және кеңінен қолданылады [29], бұл кезде жоғары температуралы және жылулық кернеуленген бетті салқындату судың булануы есебінен жүреді. Бұл кезде судың буға фазалық ауысу жылуы пайдаланылады.

Қазіргі уақытта энергияны үнемдеу тиімділігіне қол жеткізіп, адамдардың еңбек жағдайы мен өмір сүруін жақсартатын болғандықтан құрылыста ФАМ қолдану бойынша зерттеулер кеңінен жүргізілуде.

[30-39] еңбектерде көптеген зерттеушілер парафин құрамды және басқада фазалық ауыспалы материалдарды капсула түрінде қолдануды ұсынған. Зерттеушілер капсуланы жылуаккумуляциялау заттарымен толтыруды ұсынады және оларды қоршаудың бетон немесе ертінді араласпасына жайластыруды ұсынады. Осының есебінен конструкцияның жылуаккумуляциялау қабілеті артады.

Р.А. Назиров еңбектерінде [40-42] фазалық ауыспалы материалдар және олардың қасиеттері және қазіргі уақытта қолданылатын көптеген ФАМ туралы ауқымды мәліметтер көрсетілген. Авторлар атап өткендей, ФАМ қолдану арқылы қоршау конструкцияларын әзірлеу мен практикада ендірубұл бағыттың аз зерттелгендігімен эксперименттік зерттеулер мәліметтерінің жеткіліксіз болуына байланысты нашар болып отыр [40].

Kartsonakis I.A. және бірлескен авторлар [43] өздерінің мақалаларында ФАМ жеткілікті нақты және терең қарастырған. Олар ФАМ құрылыста, атап айтқанда қоршау конструкцияларында қолдануды зерттеген.

Қоршау конструкцияларында жылуды аккумуляциялау мақсатында фазалық ауысу температурасы 18-23°C аралығындағы парафиндер негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалдар көп қолданылатыны анықталған, парафиндерді таза күйінде және құрылыс материалдарының құрамына енетін микрокапсулалар түрінде де қолдануға болады.

ЖАМ қолдану есебінен қоршау конструкцияларының жылуаккумуляциялау қабілеті артып, ол жылдың суық және ыстық мезгілдерінде бөлме ішінде қолайлы температураны қалыптастыруға мүмкіндік береді. Фазалық ауысудың мұндай температурасы кезінде парафин тектес заттармен толтырылған капсуланың өзі фазалық ауысу жылуынанан толық тиімділік алу үшін қоршау конструкциясының ішкі бетіне жақын орналасуы керек. Дегенмен парафин сұйықтардың сұйықтардың, жылуаккумуляциялау қабілеті сумен салыстырғанда қашан да айтарлықтай төмен екенін ескеру қажет.

Қоршау конструкцияларында (әсіресе көбікті материалдарда) жылуаккумуляциялаушы материалмен толтырылған капсуланы пайдалану, конструкцияның барлық қалыңдығы бойынша біркелкі орналасумен ғимараттың жылумен жабдықтау жүйесімен апаттық жағдайда фазалық ауысу әсерін шоғырландыруға мүмкіндік бермейді.

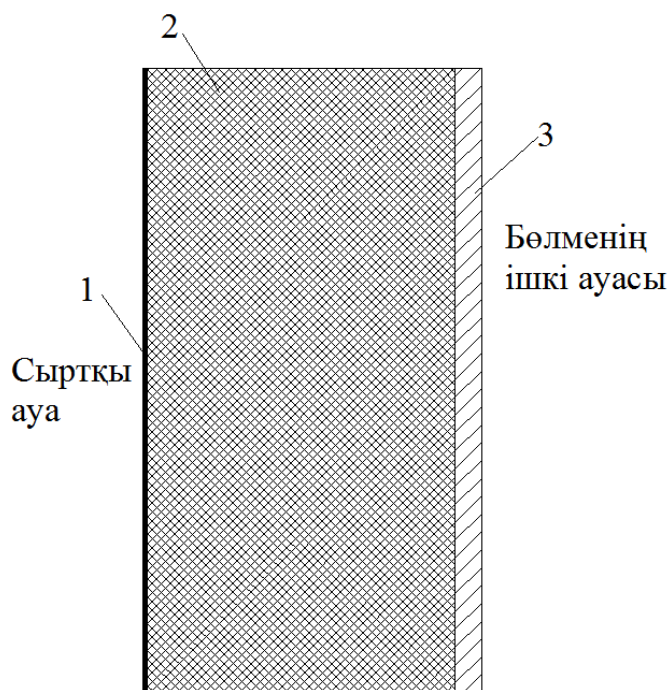
Жылуаккумуляциялаушы сұйықтық ретінде суды қолданудың [29] қол жетімділігі, өрт қауіпсіздігі, меншікті жылу сыйымдылығының жоғары болуы, қолайлылығы, инерттілігі, экологиялылығы және тағы басқа да көптеген артықшылықтары бар. Дегенмен оған кемшіліктер де тән, мысалы мұз түріндегі қатты фаза түзілу кезінде көлемдік ұлғаяды. Суды жылуаккумуляциялаушы зат ретінде қолдану кезіндегі басты артықшылығы – фазалық ауысу кезінде көп мөлшерде жылу бөлуінде. Аталған фактор төмен

температура кезінде сыртқы қоршау арқылы жылуды тасымалдауда өте маңызды қызмет атқарады. Дегенмен суды пайдаланудың елулі кемшілігі сұйық фазадан қатты фазаға ауысқан кезде оның көлемінің (10 % дейін) өзгеруі болып табылады.

Фазалық ауысу жылуы негізіндегі көптеген жылу энергиясын аккумуляциялаушы материалдар «қату-балқу» фазалық ауысу үрдісінде материал температурасы тұрақты болып қалатын жүйеге жатады. Қазіргі уақытта фазалық ауысу температурасы  $0^{\circ}\text{C}$ , ал фазалық ауысу жылуы  $334 \text{ кДж/кг}$  болатын суды жылуаккумуляциялаушы материал ретінде қоршау конструкцияларында тек жабық көлемде пайдалануды ғана ұсынады.

Төменгі температура үшін, қоршау конструкциясында судың мұзға және мұздың суға айналу фазалық ауысу жылуын пайдалану бағытындағы зерттеулер аз. [44] еңбекте авторлар алғаш осы фазалық ауысу жылуын қолдануды сипаттап жазған, олар суыққа үсіген адамдарды емдеу үшін ішінде жылуаккумуляциялаушы кірістірулері бар жылуқшаулаушы тысты пайдалануды ұсынады.

Авторлар [45] жылуаккумуляциялаушы кірістірулері бар сыртқы қабырғаның жаңа конструкциясын ұсынған(1.2 сурет).



Сурет 1.2 - Жылуаккумуляциялаушы кірістірулері бар үйдің қабырғалық панелі

Қабырғалық панельдің сыртқы ауа жағында жұқа профильді металдың 1 қорғаныш қабаты бар, содан кейін полистирол көбік 2 және 5 қабаттары бар, олардың арасында су толтырылған жылуаккумуляциялаушы кірістіру 4 орналастырылған. Ішкі бетінен, яғни, бөлме жағынан көп қабатты фанерадан жасалған сәндік каптау қабаты 3 бар. Сумен толтырылған жылуаккумуляциялаушы кірістіру қабырға панелінде қысқы жағдайларға

арналған нөлдік изотерма өтетін жерде орналасқан. Бұл орналасу жылу окшаулағыш материалдың қасиеттерін және үйлер орналасқан жердің климаттық жағдайларын ескере отырып, есептеу арқылы анықталады. Кірістердің өзінде әртүрлі конструкциялық шешімдірі болуы мүмкін. Авторлар [45] оны су қатып, мұздың көлемі ұлғайған кезде кеңейуіне мүмкіндік беретін полимерлі материалдан жасалған квадрат немесе тікбұрышты қималы құбырлар түрінде ұсынады. Құбырлар қоршау конструкциялары ішінде тұтас қабырға түзеді.

Авторлар [46] жылуаккумуляциялаушы кірістіру арқылы сыртқы қоршау қабырғаның жаңа конструкциясын ұсынған.

Сонымен бірге пассивті жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде [47, 48] сылақ ертінділері және әртүрлі шпаклевка түрінде қолданылатын композициялық араласпалар кеңінен қолданылады. Қазіргі кезде құрамында өнеркәсіптік қалдықтар түріндегі қоспалары [49, 50] бар полимерлі композиттер түріндегі жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамдары белгілі. Мәселен, құрамында портландцемент, полимер пластификаторлары бар керамикалық құм, темірлі пигмент және су бар композиция стенді бұйымдарды өндіру үшін қолданылады (Ресей Федерациясының патенті JST 22 5591 8, ХПЖ С04V28/02, жарияланды. 10.07.2005 әдебиетке жіберу керек) [51]. Құрамында глиназемді цемент, сұйық шыны және әртүрлі фракциялардағы толтырғышы бар құрылыс бұйымдарын өндіруге арналған бетон араласпасы да белгілі (Ресей Федерациясының патенті JST 2179160, ХПЖ С04V28/06 жарияланды. 10.02.2002 ж.) [52].

Мұндай араласпалардың негізгі кемшілігі, олардың жылу сыйымдылығы төмен, соған сәйкес, қоршау конструкцияларының жылуаккумуляциялау қабілетінің төмендігі.

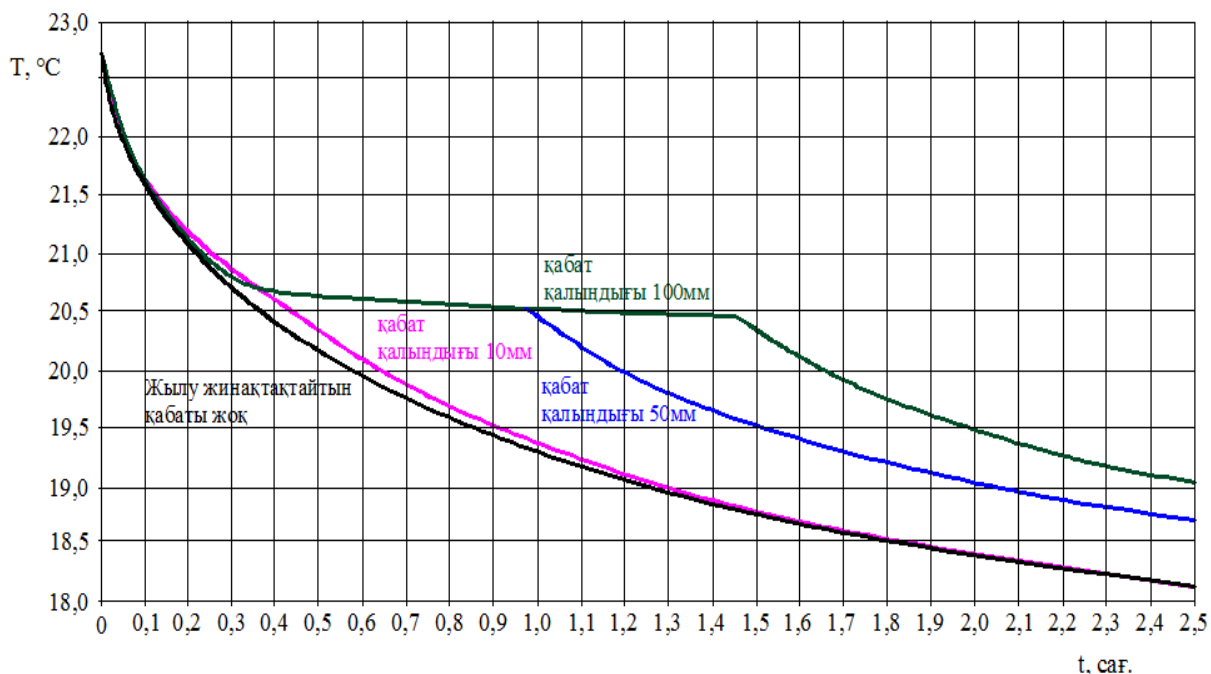
Құрылыс тәжірибесінде түрлі мақсаттағы ғимараттарда құрамында фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдары бар инновациялық көп қабатты қабырға панельдері кеңінен қолдыла бастады [53-55]. Мұндай панельдерде конструкцияның жылуды аккумуляциялау қасиетін арттырып, бөлмелерде қолайлы жылулық режимді қалыптастыруға мүмкіндігін беретін фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материал негізіндегі қабат қолданылады. Бұндай ғимараттардың жылу шығыны төмендеп, қоршау конструкцияларының жылу аккумуляциялау қабілеті артады және де тұрғын-үй жазда ысып және қыста салқындап кетуден қорғалады.

Ғимараттардың қоршау конструкцияларында фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдаланудағы мақсат күндізгі және түнгі мезгілдерде фазалық ауысудың есебінен жылуды сіңіру және бөлу арқылы бөлмедегі қажетті температураны қамтамасыз ету болып табылады.

[56-57] жұмыстарда ғимараттардың қоршау конструкцияларында «қатты зат - сұйық» фазалық ауысуы бар парафин негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалдарды қолданудың тиімділігі зерттелген. Бұл зерттеулердің мақсаты қабырға конструкцияларында

жылуаккумуляциялаушы материал қабаты бар бөлменің салқындау динамикасын зерттеу болған.

1.3 суретте қоршау конструкциясындағы жылуаккумуляциялаушы материалдардың қалыңдығы түрліше болған кезінде бөлмедегі ауа температурасының төмендеуі бағаланған.



Сурет 1.3 – Бөлмедегі ауа температурасының жылуаккумуляциялаушы қабатының қалыңдығына тәуелділігі [58].

Қоршау конструкцияларының жылутиімділігін арттыру мақсатында фазалық ауысу температурасы 18-23°C болатын парафиндерге негізделген жылуаккумуляциялаушы материалдарды қолдануға болатыны анықталған, оларды негізінен көпқабатты қоршаулардың жылуаккумуляциялаушы қаты түрінде қолданады.

[58] еңбектің нәтижелеріне сәйкес, фазалық ауыспалы ЖАМ қолданған кезде жылуаккумуляциялаушы материал қабатының сыртқы бетінің температурасы кристалдану температурасына дейін төмендейді де, жылуаккумуляциялайтын материал сұйық күйден қатты күйге ауысып, нәтижесінде жылу бөлінеді. ЖАМ қабатының температурасы бүкіл қалыңдығы бойынша фазалық ауысу температурасымен теңеседі. Кристалдану кезінде фазалық ауысу шекарасы қоршау конструкциясының ішкі бетіне ауысады. Бұл процесс фазалық ауысу шекарасы ЖАМ ішкі бетіне жеткен кезде толығымен аяқталады. Бұл ретте, 1.3 суреттен көріп отырғанымыздай, жылуаккумуляциялаушы материалдардың қалыңдығы 10 мм болатын қабата фазалық ауысу уақыты 8 минутты, қалыңдығы 50 мм.

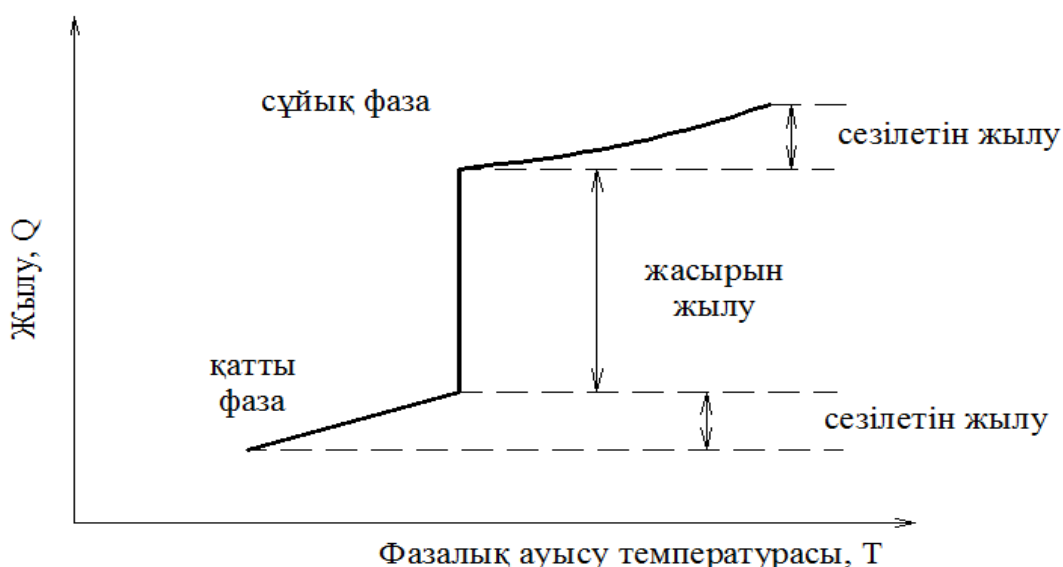
Жылыту жүйесінің мерзімді жұмыс жасауы кезінде көпқабатты конструкцияда ЖАМ қолдану тұрғын-үй бөлмелерінің ішкі температурасын рұқсат етілген шектерде ұзақ уақыт сақтауға мүмкіндік береді, соның есебінен,

бөлмелерде ұзақ уақыт бойы тыныс-тіршілікке қолайлы температура сақталады. Қоршау конструкцияларында жылуаккумуляциялайтын материалдарды қолдану жылыту үшін энергия шығынын азайтуға, сондай-ақ төмен температуралы энергия көздерін (күн энергиясы, жылу сорғылары) тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта қоршаудың әрлеу қабатына қосу үшін капсулаланған ЖАМ әзірлеу жұмыстары жүргізілуде. Мәселен, BASF концерні полимерлерден жасалған микрокапсулалар түріндегі парафиндер негізінде фазалық ауысудың жылуаккумуляциялаушы материалын өндіру технологиясын әзірлеген. Микрокапсулалардың ішінде бөлме температурасына жақын температурада фазалық ауысатын парафин негізіндегі материал болады [58, 59].

ЖАМ микрокапсулалары жоғары беріктікке ие болып, ол құрылыс материалдарымен жұмыс жасау технологиясын өзгертпейді. Қатты фазадан сұйық фазаға ауысқан кезде, ЖАМ қоршаған ортадан жылытусыз энергияның едәуір мөлшерін сіңіреді. Бұл әсер, әрине, 21-ден 26<sup>0</sup>С-қа дейінгі бөлмедегі температураның қолайлы диапазонында әсер етеді, сіңірілген жылу ЖАМ ішінде жасырын түрде «сақталады» және бөлмедегі сыртқы температура төмендеген кезде ғана шығарылады.

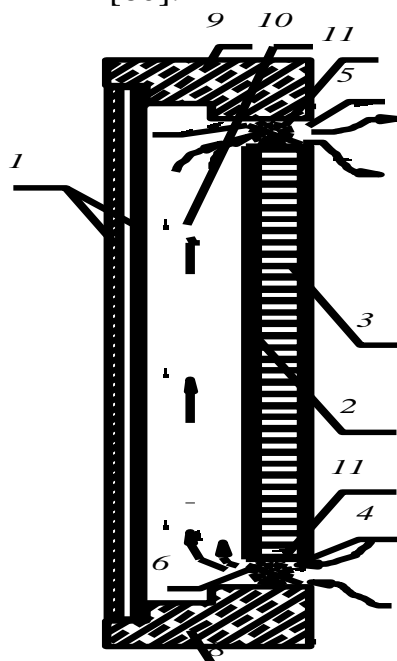
Жылуаккумуляциялаушы материалды қолданған кезде қосымша жылудың қалыптасуының негізгі сызбасы 1.4 суретте көрсетілген. Күні бойы қоршау материалдары жылуды сіңіріп, түнде қайтадан бөліп шығаратын, соның әсерінен бөлмеде қолайлы климаттық жағдай жасай отырып, бөлмедегі ауаның температуралық ауытқуын «реттейтін» сызба да жасауға болады.



Сурет 1.4 – Жасырын жылуды қалыптастырудың негізгі сызбасы [58].

Күн энергиясын белсенді пайдаланатын қоршау конструкциялық жүйелерінде жылуаккумуляциялаушы материалдар кеңінен қолданылады. Мұндай конструкцияларда жоғары жылуаккумуляциялау және жылу

оқшаулау қабілеті бар материалдар қабаттары функционалды түрде біріктіріледі. 1.5 суретте термоаккумуляциялаушы панелі бар энергоактивті қоршау конструкциясы көрсетілген [60].



- 1 – қос қабатты мөлдір жабын; 2 – фольга негізіндегі жарық шағылыстырғыш қабықша;  
 3 – фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалы бар қабырғалық панель;  
 4 – қоршау конструкциясының жоғарғы жағындағы канал; 5 – қоршау конструкциясының  
 төменгі жағындағы канал; 6, 7 – жылумен реттелетін жапқыштар; 8 – қоршау  
 конструкциясының астыңғы бөлігі; 9 – қоршау конструкциясының жоғарғы жағы;  
 10 – каналдар; 11 – жылу реттегіштер

Сурет 1.5 – ЖАМ негізіндегі жылуаккумуляциялық панелі бар қоршаудың энергетикалық белсенді конструкциясы [60].

Энергоактивті қоршау конструкциясының жұмыс істеу принципі төмендегідей: 10-каналда ауа күн радиациясының әсерінен және Тромб-Мишель қабырғасының принципі бойынша қызады, соның әсерінен фазалық ауысу ЖАМ қабаты бар жылуаккумуляциялайтын панель де қызады. Бұл жағдайда қоршаудың жылу сыйымдылығынан үлкен. Қолданылған шара ғимараттың жылу шығынын азайтып, энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді, ал қоршау панелінің жылуаккумуляциялау қасиеті бөлмеде қолайлы жылу режимін қалыптастырып, қоршаудағы қосымша жылу қорғау қабаты ретінде қызмет етеді.

Айта кету керек, қоршаудың энергетикалық белсенді конструкцияларының тиімділігі қоршаудың конструкциялық шешіміне ғана емес, сонымен бірге энергиялық тиімді жылуаккумуляциялаушы материалдарды қолдануға да тәуелді болады.

Жоғарыда айтылған мәселелерден көріп тұрғанымыздай, құрылыста жылуаккумуляциялайтын материалдарды қолдану салалары да, олардың түрлері де бүгінде өте көп. Осыған байланысты ғимараттардың пайдалану жағдайларына бейімделген жаңа тиімді жылуаккумуляциялайтын

материалдарды әзірлеу, сонымен бірге жылуфизикалық қасиеттерін зерттеу, сонымен бірге фазалық ауысу жылуының мәндері жоғары көп компонентті ЖАМ зерттеу және қолдануды жандандыру қажеттілігі туындайды.

Қорыта айтқанда қоршау конструкцияларының энергетикалық тиімділігін арттыру бағытындағы энергетикалық және экономикалық тұрғыдан тиімді бағыттардың бірі, энергияны жасырын түрде аккумуляциялайтын жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу болып табылады, олардың қатарына фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар да жатады.

## **1.2 Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар, олардың жылуфизикалық қасиеттері**

1.1 бөлімде көрсетілгендей, энергия үнемдейтін құрылыс және энергияны тиімді пайдаланатын ғимараттарды салу сияқты құрылыстағы жаңа бағытты дамыту, ғимараттардың қоршау конструкцияларындағы жылуды аккумуляциялаумен тікелей байланысты. Энергия үнемдейтін және жылуды аккумуляциялайтын қоршау конструкцияларын әзірлеу қажеттілігі құрылыс материалдары өндірісінде жаңа бағыттың - жылуаккумуляциялайтын материалдар өндірісінің қалыптасуына алып келді.

Жылуаккумуляциялайтын материалдарды өндірудегі ең тиімді және экономикалық тұрғыдан орынды бағыттардың бірі – энергия сақтаудың жасырын түрі бар фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар сияқты энергия үнемдейтін материалдарды әзірлеу және өндіру болып табылады [61-66].

Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар (ФЖАМ) негізіндегі жылу жинақтағыштар (ЖЖ) зарядталған кезде жұмысшы материалдың фазалық өзгеруіне (көбінесе балкуға) негізделген. Жылу жинақтағышқа жылуды беру тоқтаған кезде жұмысшы материал қайтадан қатады. Бұндай жылу жинақтағыштардың негізгі ерекшеліктері: біріншіден жылу сыйымдылықты аккумуляторлармен салыстырғанда меншікті энергиясының мәні жоғары болады [67], екіншіден, энергияны тұтынушыға беретін салқындатқыш сұйықтық пен аккумуляторды зарядтайтын жылу көзі арасындағы температура айырмашылығы мұнда тек қажетті жылу беру қарқындылығымен анықталады, ал жылу сыйымдылықты аккумуляторларда ол көп жағдайда жұмысшы материал температурасының өзгеруін де қамтиды. Фазалық ауыспалы материалы бар аккумуляторлардың кемшілігі әрбір материалдың балку температурасы ерекше болғандықтан, әрбір белгіленген температура үшін олар жаңа жұмысшы материалды пайдалануы керек. Фазалық ауысулар тек балкумен немесе буланумен, сублимациямен ғана емес, сонымен қатар құрылымдық өзгерістермен де (мысалы, заттың бір кристалдық модификациясының екіншісіне өу) немесе кристалды байланысқан су мөлшерінің өзгеруімен байланысты болуы мүмкін. Қатты фазадан қатты фазаға (Қ-к) ауысу мысалы екі түрлі модификацияда



болуы мүмкін қатты күкірт: төмен температуралы орторомбты және жоғары температуралы моноклинді [10]. Жұмыс [10] келтірілген мәндер (1.3-кесте) қатты фазадан қатты фазаға ауысудың  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  ең жоғары өту температурасы және ең үлкен жасырын жылуы болып табылады. Таза  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  құрылымы  $578^\circ\text{C}$  температурада моноклинді күйден қырлы орталықтандырылған кубқа айналады, бұл ауысудың жасырын жылуы  $214 \text{ кДж/кг}$  құрайды (бұл балқу жылуынан айтарлықтай үлкен).

1.2 кесте – Қ-қ түріндегі бірқатар ауысулардың энтальпиясы,  $\Delta H_{\text{тт}}$  (Fittipaldi, 1981) [10].

Зат	Ауысу температурасы, $T_t$ ( $^\circ\text{C}$ )	Ауысудың жасырын жылуы $\Delta H_{\text{тт}}$ (кДж/кг)
$\text{V}_2\text{O}_2$	72,5	50,5
$\text{FeS}$	138,3	50,5
$\text{KHF}_2$	196,2	135,3
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	210,247	80,3
$\text{Li}_2\text{SO}_4$	578,6	214,2

Бірінші ретті фазалық ауыспалы аккумулятордың жұмыс принципінен, аккумулятордың меншікті энергиясы, фазалық ауысудың (балқу) меншікті жылуына тең екені көрінеді. Бірқатар химиялық қосылыстардың балқу энтальпиясы эксперименттік түрде зерттелген және келесі теңдеумен анықталады:

$$\Delta H_{\text{пл}} = T_{\text{пл}} S_{\text{пл}}$$

Энтальпия мәні бойынша сенімді эксперименталды мәліметтер болмаған жағдайда оны байланыстың балқу энтропиясы аддитивтілігі арқылы бағалауға болады [68, 69]:

$$\Delta H_{\text{AmBn}} = \Delta S_{\text{AmBn}} T_{\text{AmBn}}, \quad (1.1)$$

$$\Delta S_{\text{AmBn}} = m\Delta S_A + n\Delta S_B \quad (1.2)$$

бұндағы  $\Delta S_A$  мен  $\Delta S_B$  - А және В элементтерінің балқу энтропиялары;  $m$  мен  $n$  -  $A_m B_n$  химиялық формуласындағы байланыстың стехиометриялық коэффициенті.

Кей жағдайларда балқу энтропиясын анықтау кезінде балқу кезіндегі структураның бұзылуы ескеріледі [68, 69]:

$$\Delta S_{\text{AmBn}} = m\Delta S_A + n\Delta S_B + \psi, \quad (1.3)$$

бұндағы  $\psi$  - құрылымының ретсізденуінің ұлғаюын ескеретін түзету:

$$\psi = 4,573 \cdot K(m+n) \left( m(m+n) \lg(m/(m+n)) + n/(m+n) \lg(n/(m+n)) \right).$$

Түзету коэффициенті  $K$  балқу кезінде құрылымның ретсіздену дәрежесін ескереді және балқу кезінде өзінің қысқа диапазонындағы реттік құрылымын толығымен сақтайтын қосылыстар үшін нөлден, ал құрылымын түбегейлі өзгертетін қосылыстар үшін бірге дейін өзгереді.

104 Па жоғары үштік бу қысымын полярлы емес және әлсіз полярлы қосылыстар үшін қарапайым формуланы (Дж/моль) [144] пайдаланып жақсы дәлдікпен есептеуге болады:

$$\Delta H = 6,147 T_{nl}^{1,333} \quad (1.4)$$

Жоғары полярлы қосылыстар үшін жылу және балқу температурасы арасындағы сызықтық түзету байқалады, оны төмендегі формуламен (Дж/моль) анықтауға болады [144]:

$$\Delta H_{nl} = 44,4 T_{nl} - 4400 \quad (1.5)$$

Келтірілген формуланың дәлдігі  $\pm 15\%$  аралығында болады. Балқу энтальпиясын термодинамикалық есептеудің әдістері де бар. Мысалы, Клайперон-Клаузиус теңдеуі бойынша:

$$dp / dT = \Delta H_{nl} / T(V_{жс} - V_{ме}).$$

$$\text{мұнан: } \Delta H_{nl} = dp / dT (T(V_{жс} - V_{ме})) = (V_{жс} - V_{ме}) (dp / d \ln T) \quad (1.6)$$

Бірақ та, қосылыстардың балқу температурасының қысымға тәуелділігін сипаттайтын эксперименттік деректер аз болуына байланысты, бұл әдісті бірқатар тұздар үшін қолдану тиімсіз. Заттардың балқу температурасы белгілі болған жағдайда, Шредердің идеалды ерігіштік теңдеуін қолдануға болады [71]:

$$dp(\ln x) / dT = \Delta H_{nl} / RT$$

және оны  $T_1$  ден  $T_{nl}$  дейін интеграциялаумен  $\Delta H_{nl}$  үшін теңдеу аламыз

$$\Delta H_{nl} = \ln(1/x) R \cdot (T_{nl} \cdot T_1) / (T_{nl} - T_1), \quad (1.7)$$

мұндағы  $x$  - кезкелген еріткіште  $T_1$  температурада берілген қосылыстың мольдік концентрациядағы ерігіштігі. Дәлдікті жақсарту үшін  $x$  бірлікке өте жақын болуы тиіс.

Аккумуляторда жинақталған жылу мөлшері, фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалды  $t_0$  ден  $t_x$  дейін қыздырған кездегі балқу температурасын  $t_{\phi n}$  төмендегі формуламен анықтауға болады:

$$W = m \left[ C_{ак}^T (t_{\phi n} - t_0) + \Delta H + C_{ак}^{жс} (t_k - t_{\phi n}) \right], \text{ кДж}, \quad (1.8)$$

бұндағы  $m$  - жылуаккумуляциялаушы материал массасы, кг;  $\Delta H$  - ЖАМ фазалық ауысу энтальпиясы, кДж/кг;  $C_{ак}^T$  мен  $C_{ак}^{жс}$  - сәйкесінше қатты және сұйық күйдегі жылу сыйымдылығы, кДж/(кг·°C).

Жылуаккумуляциялаушы материалдардың жіктелуі мен негізгі сипаттамалары, балқу және кристалдану процесінің ерекшеліктері және оларды жылуаккумуляциялау мақсатында пайдалану мүмкіндігі туралы деректер 1.3 кестеде көрсетілген [67].

1.3 кесте – Жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде қолдануға жарамды материалдардың негізгі сипаттамалары

Түрлері	Жылу өткізгітігі, Вт/(м·К)	Балқу немесе ыдырау жылуы, кДж/кг	Тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>	Балқу немесе ыдырау температурасы, °C	Коррозиялық белсенділігі
Органикалық заттар	0,12-0,34	100-200	900-1000	160-200	белсенді емес
Тұздардың сулы ерітінділері	0,41-0,62	100-200	1050-1300	90-120	белсенді
Тұздар	0,42-0,61	150-800	1200-2000	150-900	белсенді
Оксидтер	0,12-0,51	300-400	100-2000	800-2500	белсенді емес
Металдар және қорытпалар	13,1-15,1	25-80	6000-10000	8-400	белсенділігі төмен
Ыдырайтын тұздар	0,3	2500	1200-2000	40-600	белсенді емес
Ыдырайтын жоғары молекулалы қосылыстар	0,1-0,31	2000-3000	900- 1000	300	белсенді емес

Ғылыми әдебиеттерді талдау [5, 8, 10, 12, 13, 15, 19, 67, 69, 71-73] жеке заттардың фазалық ауысу жылуын салыстыру бойынша көпкомпонентті жүйелердің (ККЖ) эвтектикалық құрамы фазалық ауысудағы жоғары жылулық мәніне ие болатынын көрсетеді. Екі-, үш-, төрт- және бес компонентті эвтектикалық саны жоғары болатын құрамдарды [69, 74-79] фазалық ауыспалы ЖАМ (ФЖАМ) ретінде пайдалануға болады.

Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарда жылу энергиясының берілуі, материалдың қатты күйден сұйық күйге фазалық ауысу кезінде жүретіні белгілі. Фазалық ауысу кезінде аталған материалдар қолданыстағы жылуаккумуляциялаушы материалдар сияқты әрекет етеді, ал

қолданыстағы жылуаккумуляциялаушы материалдардан олардың негізгі ерекшеліктері, оларда жылуды қайтару материалдағы кристалдық құрылымның қайта түзілуі арқылы, ал жылуды аккумуляциялау балқу кезіндегі материал құрылымының бұзылуы арқылы жүреді.

Меншікті жылу сыйымдылығы жоғары, қажетті эксплуатациялық қасиеттері және экономикалық тиімділігі бар жылуаккумуляциялайтын материалдарды бағалау және таңдау үшін біз әр түрлі өндірістік қалдықтар негізіндегі фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялайтын материалдардың жылу-физикалық қасиеттерін талдаймыз.

[80-84] еңбекте түрлі органикалық және бейорганикалық заттар негізіндегі фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылуфизикалық қасиеттері бойынша зерттеу деректері қорытындыланған. Қазіргі таңда қолданылатын фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарды негізгі 4 топқа жіктейді: май қышқылдары, парафиндер, тұздардың гидраттары және бірқатар металл қосылыстары. Солардың ішінде техникада кеңінен қолданысқа ие болған жылуаккумуляциялаушы материалдар қатты және сұйық күйдегі парафиндер. Парафиндер мұнай және мұнай өнімдерін өңдеу кезінде көп өндірілетін болғандықтан, кеңінен қолданылады және қол жетімді.

Парафиндердің негізгі құрамын қаныққан қатар көмірсутектері  $C_nH_{2n+2}$  құрайды. Сұйық күйдегі парафиндер  $C_9H_{20}$  дан  $C_{24}H_{50}$ -ге дейінгі n-алкандардың араласпалары, олар  $180^{\circ}C$  тан  $360-370^{\circ}C$ -қа дейінгі температурада қайнайды. Қатты күйдегі парафиндер  $C_{20}H_{42}$  ден  $C_{40}H_{82}$ -ге дейінгі қатты n-алкандардан құралған, олар  $300^{\circ}C$  тан  $500^{\circ}C$ -қа дейінгі температура аралығында қайнайды.

Техникалық парафиндердің жылуфизикалық қасиеттері [85] жұмыс деректері бойынша 1.4-кестеде келтірілген.

1.4 кесте– Парафиндердің жылуфизикалық қасиеттері

Құрамындағы көміртегі атомдарының саны	Фазалық ауысу температурасы, $^{\circ}C$	Балқу мен фазалық ауысу жалпы жылуы, $Dж/г$	Сұйық күйдегі тығызғы, $кг/м^3$	Меншікті жылусыйымдылығы, $кДж/кг K$	Жылуөткізгіштік коэффициенті, $Вт/м K$
9-12	-9дан-53 аралығы	184,2	686,2	2,1	0,151
13-16	-6 дан-18 аралығы	196,1	716,3	2,1	0,192
16-18	-18 ден-28 аралығы	212,2	734,2	2,1	0,212
16-28	-42 ден-44 аралығы	214,1	765,3	2,1	0,213
20-33	-48 ден-50 аралығы	218,2	769,4	2,1	0,212
22-45	-58 ден-60 аралығы	221,1	795,2	2,1	0,212
24-50	-66 дан-68 аралығы	221,1	830,3	2,1	0,212

1.4 кесте мәліметтеріне сәйкес көміртегі атомдарының саны 16-дан 50-ге дейін артқан сайын фазалық ауысу және балқу температурасы 18°C-тан 68°C-қа дейін артатыны көрінеді. Анықтамалық мәліметтерге сүйенсек парафиндерде балқу мен фазалық ауысудың жалпы жылуы салыстырмалы түрде жоғары болады. Қатты парафиндерде екі фазалық ауысу жүреді: кристалдық күйге ауысу, жылу шығару және сіңіру арқылы, сұйық фазаға ауысу, балқу кезінде жылу шығару және сіңіру арқылы жүреді. Кристалдық күйде фазалық ауысуға дейін және сұйық балқытылған күйде температураның жоғарылауымен парафиндердің жылу сыйымдылығы біртіндеп артады.

[86,87] еңбектердің мәліметтеріне сәйкес фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде май қышқылдары да  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{2n}\text{COOH}$  қолданылады. 1.5 кестеде көрсетілгендей май қышқылдарының балқу температурасы және жалпы балқу жылуы парафиндермен бірдей, ал жылуөткізгіштік коэффициенті (24%) және меншікті жылу сыйымдылығы (31%) парафиндерден төмен болады.

1.5 кесте – Органикалық май қышқылдарының жылуфизикалық сипаттамалары

Қышқыл атауы	Химиялық формуласы	Фазалық ауысу температурасы, °C	Балқу мен фазалық ауысудың жалпы жылуы, Дж/г	Сұйық күйіндегі тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>	Меншікті жылу сыйымдылығы, кДж/кг К	Жылу өткізгіштік коэффициенті Вт/м·К
Каприл	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16,1	128,2	862 (80°C)	-	0,149
Каприн	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	32,2	136,1	866 (40°C)	-	0,148
Лаурин	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	42-44,5	155,2	870 (50°C)	1,61	0,147
Марисин	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54,3	158,3	840 (80°C)	1,62	-
Пальмит	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63,2	159,1	847 (80°C)	-	0,164
Стеарин	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	70,2	191,2	-	-	0,171

Май қышқылдарының химиялық төзімділігі жоғары және аз немесе мүлдем салқындалмайды. Май қышқылдарын эксплуатациялық температурасымен салыстырғанда балқу температурасы біршама жоғары, ал парафиндермен салыстырғанда өзіндік құны (2,0-2,5 есе) жоғары болады, сондықтан парафиндермен салыстырғанда ЖАМ ретінде қолдану тиімсіз.

Физикалық қасиеттері 1.6 кестеде келтірілген тұз гидраттарын фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде қарастыруға болады [88].

1.6 кесте – Тұз гидраттарының жылуфизикалық қасиеттері

Зат	Химиялық формуласы	Фазалық ауысу температурасы, °C	Балқу мен фазалық ауысудың жалпы жылуы, Дж/г	Сұйық күйіндегі тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>	Меншікті жылу сыйымдылығы, кДж/кг К	Жылу өткізгіштік коэффициенті, Вт/м К
	KP·4H <sub>2</sub> O қ	18,6	231,0	1455,1	1,84	-
	CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	29,6	171,1	1710,2	-	0,62
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O	32,5	254,2	1485,3	1,94	0,53
	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O	35,3	280,2	1420,2	1,54	0,52
	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	36,3	147,3	2065,3	1,35	-
	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	48,1	201,1	1600,3	1,47	-
	Ba(OH) <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O	78,1	267,1	2180,5	1,18	-
	MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	116,1	165,1	1570,3	1,71	-

Парафиндер және май қышқылдарымен салыстырғанда тұз гидраттарының фазалық ауысуы жылуы 1,5...2,0 есе, жылуөткізгіштік коэффициенті 2...4 есе жоғары, ал меншікті жылу сыйымдылығы 1,5...2,0 есе төмен болады. Май қышқылдарын төменгі температурада аккумуляциялау үшін қолдануға болады, парафиндер мен май қышқылдарымен салыстырғанда тұздар гидраттарының жылу сыйымдылығы тиімсіз, бірақ өзіндік құны төмен.

Жылуаккумуляциялаушы материал ретінде тұз гидраттарының негізгі кемшілігі олар әртекті балқиды. Тұз гидраттары балқу кезінде сұйық қаныққан фазаны және сол тұздың төменгі гидрат түріндегі қатты фазасын түзеді. Сонымен бірге тұз гидраттары балқымалары қайта салқындауымен және көлемдік массасының жоғарылығымен сипатталады.

Авторлар өз еңбектерінде [89-90] фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде кейбір металдардың қосылыстарын пайдалануға болатынын көрсеткен. Фазалық ауыспалы ЖАМ ретінде пайдалануға болатын кейбір екі және үш компонентті эвтетикалық заттардың жылуфизикалық қасиеттері 1.7 кестеде көрсетілген.

1.7 кесте – Металл қосылыстарының жылуфизикалық қасиеттері

Қосылыстар	Химиялық формуласы	Фазалық ауысу температурасы, °C	Балқу мен фазалық ауысудың жалпы жылуы, Дж/г
Литий гидридi	LiH	961,1	2512,0
Литий фторидi	LiF	1118,2	1030,2
Натрий фторидi	NaF	1273,3	793,0
Магний фторидi	MgF <sub>2</sub>	1236,2	918,5
Магний силицидi	Mg <sub>2</sub> Si	1379,5	828,2
Кобальд силицидi	CoSi <sub>2</sub>	1600,1	864,3
Титан силицидi	TiSi <sub>2</sub>	1818,1	1116,1

## 1.7 кестенің жалғасы

Бериллий және кальций тотығы	$3\text{BeO}\cdot 2\text{CaO}$	1690,2	936,3
Алюминий, бериллий және титан тотығы	$\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{BeO}\cdot 4\text{TiO}_2$	1891,3	990,1
Алюминий, бериллий және магний тотығы	$\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{BeO}\cdot \text{MgO}$	1918,5	1440,2
Алюминий, бериллий және магний тотығы	$\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{BeO}\cdot \text{MgO}$	3033,2	1530,2
Бериллий және магний тотығы	$3\text{BeO}\cdot 2\text{MgO}$	2153,3	2088,1

Жалпы алғанда май қышқылдары, парафиндер және тұздар гидраттарымен салыстырғанда көпкомпонентті металл қосылыстары негізіндегі ЖАМ фазалық ауысу жылуы 4 ... 17 есе жоғары болатыны, ал тұздар гидраттарының фазалық ауысу температурасы (900...2000°C) өте жоғары болатыны анықталған. Бұл ерекшеліктері бұл заттарды энергетикалық белсенді қоршау конструкцияларында, энергетикалық тиімді көп қабатты қоршаулар мен панельдерде, сонымен бірге жалпы құрылыс тәжірибесінде қолдану мүмкіндігін төмендетеді.

Қорыта айтқанда ғылыми әдебиеттерді талдау фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар топтарының жылуфизикалық қасиеттері, материалдың жылу сыйымдылығы мен қол жетімділігі, эксплуатациялық жағдайларына сәйкес келетін фазалық ауысу температурасы, өзіндік құны бойынша қоршау конструкцияларында тауарлық парафиндерді қолдану тиімді екенін көрсетеді. Бұл ретте ғимараттардың қоршау конструкцияларының эксплуатациялық жағдайларына жылуфизикалық қасиеттеріне сәйкес келетін тауарлық парафиндер негізіндегі балку температурасы төмен жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу, сондай-ақ олардың қоршау конструкциясындағы жұмыс жасау ерекшеліктерін зерттеу қажеттілігі туындайды.

### 1.3 Ғимараттардың қоршау конструкцияларына арналған фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалға қойлатын талаптар

Ғимараттардың жылуаккумуляциялайтын қоршау конструкцияларының жұмыс тиімділігі олардың құрылымдық шешіміне ғана емес, сонымен бірге пайдалану жағдайларына, оңтайлы талданған жылуаккумуляциялайтын материалдарға да байланысты. Бұл ретте фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарға мынадай негізгі талаптар қойылады [91-93].

Жылулық қасиеттер:

- 1) балку температурасы ( $T_{пл}$ ) [94-96];
- 2) әзірленетін қосымшаның жұмысшы температура диапазоны [97-99];
- 3) меншікті (масса немесе көлем бірлігінде) балку энтальпиясы [95-101];

- 4) сұйық және қатты фазадағы жылу сыйымдылығы [95-97, 99, 101];
  - 5) жылу энергиясын аккумуляциялауының жоғары тығыздығы [96, 102, 103] (ЖАМ көлем бірлігіндегі жылулық қор мөлшері, мұндай келтіру оған берілген функцияны толық бейнелейді);
  - 6) жылу өткізгіштік [95, 97, 101, 104-107];
  - 7) жылу алмасу коэффициенті [107];
  - 8) конгруентті балқуы [95, 107, 108];
  - 9) сеграцияның болмауы [95, 107, 108];
  - 10) жылуфизикалық қасиеттерінің тұрақтылығы [95].
2. Кинетикалық қасиеттері:
    - 1) кристалданудың жоғары жылдамдығы [98, 108];
    - 2) фазалық ауысу кезіндегі аз қызу (салқындау) [95, 100, 105].
  3. Физикалық қасиеттері:
    - 1) тығыздығы [95, 101];
    - 2) сұйық фазадағы тұтқырлығы [110];
    - 3) бу серпімділігі [94, 97, 101];
    - 4) жылулық кеңею коэффициенті [97, 110];
    - 5) жылу тасымалдағыш ағынының жылдамдығы [109].
  4. химиялық қасиеттері:
    - 1) температураның жұмысшы диапазонындағы химиялық, жылухимиялық және термодинамикалық тұрақтылығы, химиялық өзгерулердің болмауы [95, 97, 101, 111];
    - 2) конструкциялық материалдарға коррозиялық белсенділігінің, агрессиялы әсерінің болмауы [95, 97, 111];
    - 3) экологиялық қауіпсіздігі [99, 101];
    - 4) зат зияныз болуы қажет (улы емес, жанбайтын) [95, 101].
  5. Экономикалық:
    - 1) табиғтта кең таралуы мен өндірістік масштабта қол жетімділігі [95, 108];
    - 2) өзіндік құнының төмен болуы [101, 99, 111];
    - 3) жылуаккумуляциялаушы материалдың 1 теңгеге шаққандағы аккумуляциялайтын энергия мөлшері [102].

Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар көрсетілген талаптарға жауап бермесе, оның тиімділігі төмендейді. Мәселен, [112] еңбекте жылу энергиясын сақтау жүйелері (ЖЭСЖ) үшін ФЖАМ оның фазалық ауысу температурасы, тығыздығы мен жылу өткізгіштік қасиеттері негізінде таңдалған, бірақ та оның өзіндік құны, өрт қауіпсіздігі, улылығы, жылусыйымдылығы, термиялық тұрақтылығы сияқты негізгі қасиеттері ескерілмеген.

Көптеген зерттеулердің [94, 105] нәтижелері органикалық ФЖАМ негізгі артықшылығы өзіндік құнының төменділігі мен коррозиялық пассивтігі екені көрсетеді. Ресей нарығында аталған заттардың өзіндік құны жоғары, ал қол жетімділігі төмен. Сонымен бірге, соңғы зерттеулер бұл заттардың коррозиялық белсенді және өртке қауіпті екенін де көрсетті [113].



ФЖАМ ретінде қолданылатын тұздар жүйесінің қасиеттері туралы ақпарат көлемінің көптігіне қарамастан [93, 114], бірқатар зерттеулер бұл мәліметтерді растамайды [115]. Бұл кезде мұндай ЖАМ [102, 115] кешенді және жүйелі зерттеу саны айтарлықтай аз, ал көптеген жылуфизикалық қасиеттері мәндерінің үлкен алшақтығына әкеледі [110]. Сонымен,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  фазалық ауысу температурасы  $35^\circ\text{C}$  тан  $40^\circ\text{C}$  дейін өзгеріп отырады [116-118].

Тәжірибе барысында нақты жағдайларда қолдану үшін ЖАМ таңдау кезінде материал қасиеттерінің барлық жиырма төрт таңдау шектеріне сәйкестігін бір мезетте орындау қиын. ЖАМ қасиеттерінің өзара байланыс жүйелеріне және жылу энергиясын сақтау жүйесіне қарамстан [119], нақты бір ұсынысқа материал таңдау және жүйелеу қазірге тек екі міндетті шектерге– фазалық ауысу температурасымен жылуына негізделеді.

Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар үшін қоршау конструкциясын пайдалану жағдайларына сәйкес фазалық ауысу мен балқу температураларының тұрақты болуы негізгі талаптардың бірі болып есептеледі.

Қоршаудың жылуаккумуляциялаушы қасиеттерін арттыру мақсатында қоршау конструкциясын жетілдірудің негізгі бағыттарының бірі фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалы негізіндегі қабат бар қоршау конструкцияларын пайдалану болып табылады.

Бұл ретте көп қабатты қоршау конструкциясындағы фазалық ауысатын жылуаккумуляциялаушы материалында қоршаудың эксплуатациялық температурасына сәйкес балқу және фазалық ауысу температурасы болуы тиіс. Сонымен қатар, тұрғын-үй және қоғамдық ғимараттардағы қоршау конструкцияларын пайдалану температурасы бөлмелердегі микроклиматтың қолайлылығын қамтамасыз ететін параметрлерге байланысты болады.

1.8 кестеде ГОСТ 30494-2011 [120] талаптарына сәйкес тұрғын-үй және қоғамдық ғимараттардың қызмет көрсететін аймағындағы ауа температурасының оңтайлы және рұқсат етілген нормалары көрсетілген.

1.8 кестеде берілген деректерге сәйкес ауаның оңтайлы және рұқсат етілген нормативтік температураларын талдау, қоршау конструкциясының тиімді жұмыс істеуі мен оңтайлы жылу сыйымдылығына қол жеткізу үшін  $18-25^\circ\text{C}$  балқу температурасы аралығынағы фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарды қолдану кезінде мүмкін болатындығын көрсетеді.

Қатты күйден сұйық күйге және керісінше фазалық ауысу кезіндегі жылуаккумуляциялаушы материалдың балқу және фазалық ауысуы энальпиясының жоғары болуы қоршау конструкцияларында қолданылатын жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылу сыйымдылығын арттыру тұрғысынан тағы бір маңызды талап болып табылады [121-123].

1.8 кесте – Тұрғын-үй бөлмелеріндегі ауа температурасының қолайлы және рұқсат етілетін нормалары

Жыл мезгілі	Тұрғы-үйдің атауы	Ауа температурасы, °С		Алынған температура, °С	
		қолайлы	рұқсат етілетін	қолайлы	рұқсат етілетін
Суық	Тұрғын үй бөлмесі	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)
	Сол сияқты, ең суық бес күндік температурасы бар аудандарда (қамтамасыз етілуі 0,92) минус 31°С	21-23	20-24 (22-24)	20-22	19-23 (21-23)
	Асхана	19-21	18-26	18-20	17-25
	Әжетхана	19-21	18-26	18-20	17-25
	Жуынатын бөлме, біріктірілген жуынатын бөлме	24-26	18-26	23-27	17-26
	Демалық және оқу сабақтарына арналған үй-жайлар	20-22	18-24	19-21	17-23
	Бөлме аралық дәліз	18-20	16-22	17-19	15-21
	Вестибюль, баспалдақ алаңы	16-18	14-20	15-17	13-19
	Қоймалар	16-18	12-22	15-17	11-21
Жылы	Тұрғын үй бөлмесі	22-25	20-28	22-24	18-27
<i>Ескерту – Жақшадағы мәндер қарттар мен мүгедектерге арналған үйлерге қатысты</i>					

Жылу аккумуляторларын жобалау, қоршау конструкцияларын пайдалану, кеңінен қолданылатын ЖАМ температуралық мәліметтерін талдау тәжірибесі көрсеткендей, бөлмедегі ауаның қажетті температурасын сақтау үшін кристалдық күйдегі жылуаккумуляциялаушы материалының балқу және фазалық ауысуының жалпы жылуы кем дегенде 180-200 Дж/г болуы қажет. Сондықтан, осы жұмыстың мақсаты мен міндеттері балқу және фазалық ауысуының жалпы жылуы 200 Дж/г-ден жоғары жылуаккумуляциялаушы материалдарын әзірлеу болып табылады. Тек осы жағдайда ған микрокапсулаларды өндіруге, материалдың өзін алуға, дайындауға жұмсалатын барлық шығындарды жабатын экономикалық тиімді қоршау конструкциясын алуға болады.

Жылуаккумуляциялаушы материалға қойылатын келесі басты және маңызды талаптардың бірі – балқу мен кристалданудың көп циклі кезінде материалдың жылуфизикалық қасиеттерінің тұрақты болуы.

Көп қабатты қоршаудың құрамындағы ЖАМ шекті қызмет ету мерзімі ғимараттың қызмет ету мерзімімен немесе оның ұзақтұрақтылығымен анықталатыны анық.

Құрылыс нормасына сәйкес [124] ғимараттың ұзақтұрақтылығы оның қызмет ету мерзімі бойынша бағаланады және төрт дәрежеге бөлінеді:

- I – ші 100 жылдан астам;
- II – ші 50 – ден 100 жылға дейін;
- III – ші 20 жылдан 50 жылға дейін;

- IV – ші 20 жылға дейін.

Ғимараттардың ұзақтұрақтылық дәрежесіне сәйкес қоршау конструкцияларындағы жылуаккумуляциялайтын материалдың қызмет ету мерзімі, жылыту режимдерінің жиілігін ескере отырып, балқу және кристалдану циклдарының санымен анықталады.

Ғимараттар қоршау конструкцияларының ұзақтұрақтылық дәрежесіне сәйкес жылуаккумуляциялаушы материалдың балқу және кристалдану циклдарына төзімділігі 10000 циклдан жоғары болуы тиіс. Сонымен бірге қоршау конструкцияларын пайдалану мерзімінде жылуаккумуляциялаушы материалдың эксплуатациялық және жылуфизикалық қасиеттерінің тұрақты болуы өте маңызды болып табылады.

Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдары жұмыс жағдайында балқу арқылы сұйық күйге ауысудан, сондай-ақ кристалдану арқылы қатты фазаға ауысудан өтетіні белгілі. Сондықтан материалды белгілі бір көлемге (панельдер, модульдер, капсулалар және т.б.) жабу қажеттілігі туындайды. Бұл жағдайда жылуаккумуляциялайтын материалдарға тағы бір маңызды талап туындайды – бұл жұмыс кезінде осы көлемде қысымның жоғарылауын болдырмау.

Жабық көлемде кристалды фазадағы жылуаккумуляциялаушы материал сұйық күйге ауысқан кезде, балқу және кристалдану кезіндегі шөгу деңгейіне және жылуаккумуляциялаушы материал көлемінің өзгеруіне байланысты қысым туғызуы мүмкін. Сондықтан, жылуаккумуляциялаушы материалдың қасиеттерін зерттеу кезінде олардың жылуаккумуляциялаушы конструкциядағы шөгуі мен кеңеюін бағалау қажет. Көп қабатты конструкциялардың құрамындағы жылуаккумуляциялайтын материал балқу мен кристалдану кезінде төмен термиялық кеңеюге және аз шөгу қасиеттеріне ие болуы қажет.

Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдардың қабаты көп қабатты қоршау конструкцияларының құрамында жұмыс істейтіндіктен және жабық көлемде болғандықтан, әзірленген материалдың қоршаудың конструкциялық материалдарына химиялық белсенділігі (инерттілігі) төмен болуы маңызды. Яғни, әзірленетін жылуаккумуляциялаушы материалдар үшін тағы бір маңызды конструкциялық талаптар олардың қоршау конструкциялары жасалған материалдарға коррозиялық инерттілігі болып табылады.

Тіршілікпен қоршаған ортаға зиянсызды әсерінің болмауы, экологиялық қауіпсіздік нормаларын қанағаттандыруы, сонымен бірге оларды өндіруге қажетті шикізаттың болуы мен өндіру сызбасының қарапайымдылығы жылуаккумуляциялаушы материалдар үшін маңызды талаптар болып табылады.

Жүргізілген әдеби шолу негізінде 1.9 кестеде ғимараттың энергетикалық тиімді конструкциялары үшін әзірленетін фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарына қойылатын негізгі талаптар көрсетілген.

1.9 кесте - Ғимараттардың жылуаккумуляциялаушы қоршау конструкциялары үшін фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарына қойылатын негізгі талаптар

Көрсеткіш атауы	Мәні
Балқу температурасы, °С	18-25
Балқу мен фазалық ауысудың температуралық шектері, °С	1-2
Балқу және фазалық ауысудың жылулық эффекті (энтальпия), Дж	200-ден жоғары
Жылу өткізгіштігі, Дж/м <sup>2</sup> К	максималды
<b>Эксплуатациялық қасиеттері</b>	
Балқу-кристалдану циклдерінің саны, циклдар	10000-нан жоғары
Қызмет ету мерзімі немесе ұзақтықтылығы, жыл	I-ші-100 жылдан жоғары II-ші-50 ден 100 жылға дейін III-ші-20 дан 50 жылға дейін IV-ші-20 жылға дейін
Шөгу (кеңейту), көлемнің %	минимум 10 нан жоғары емес
Конструкциялық материалдарға коррозиялық белсенділігі	инертті
Судың массалық үлесі, %	0,1 көп емес

Жылуаккумуляциялаушы материалдардың сыртқы түріне, сақтау мерзімдері мен шарттарына, қоймалауға тағы басқа да эксплуатациялық және техникалық талаптар қойылады.

Ғылыми-әдебиеттік талдаулар нәтижесінде анықталған фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарға қойылатын жалпыланған талаптар ғимарат конструкцияларын қоршау үшін берілген эксплуатациялық қасиеттері бойынша жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеуге негіз болады деп қорытынды жасауға болады.

#### **1.4 Тауарлы парафиндерді қоршау конструкцияларында жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде қолдану тиімділігінің негіздемесі**

Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарға және олардың жылуфизикалық қасиеттеріне шолу фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалы ретінде қатты және сұйық күйдегі тауарлы парафиндер және n-алкандардың жақын фракцияларын қолдануға болатындығын көрсетті. Тауарлық парафиндер негізіндегі ЖАМ көптеген параметрлері бойынша іс жүзінде эксплуатациялық, техникалық және жылуфизикалық талаптарға жауап береді.

Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде тауарлық парафиндерді қолданудың маңызды артықшылықтары: қол жетімділігі және оларды балқу фазалық ауысу температурасының кең интервалында өндіру мүмкіндігі болып табылады. Жоғарыда көрсетілгендей, қатты парафиндер негізінен C<sub>20</sub>H<sub>42</sub>-ден C<sub>40</sub>P<sub>82</sub>-ге дейінгі қатты n-алкандардың араласпасы, ал сұйық парафиндер C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>-дан C<sub>24</sub>P<sub>50</sub>-ге дейінгі n-алкандардың

араласпасы болып табылады. Тауарлық парафиндердің негізгі физикалық және химиялық қасиеттері, оларды өндіру технологиясы әдебиетте кеңінен зерттелген [125-127].

Сұйық парафиндердің құрамына кіретін және көпқабатты қоршау конструкциялары үшін төмен температуралы ЖАМ әзірлеуге қажетті жеке н-алкандардың негізгі жылутехникалық қасиеттері 1.10 кестеде көрсетілген [128].

1.10 кесте – Тауарлы парафиндер құрамына кіретін жеке н-алкандардың негізгі жылутехникалық қасиеттері [128]

Алканның атауы	Химиялық формуласы	Сұйық күйіндегі тығыздығы, г/см <sup>3</sup>	Балқу температурасы, °С	Балқу мен фазалық ауысудың жалпы жылуы, Дж/г
Нонан	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	660,7	-53,4	173,3
Декан	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	674,8	-29,6	184,4
Ундекан	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	686,7	-25,3	186,5
Додекан	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	696,6	-9,4	195,7
Тридекан	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	705,4	-5,5	196,6
Тетрадекан	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	712,6	5,8	205,1
Пентадекан	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	719,3	9,7	206,6
Гексадекан	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	725,1	18,3	212,5
Гептадекан	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	730,2	21,5	212,5
Октадекан	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	734,1	28,1	214,2
Нонадекан	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	739,2	32,2	214,2
Эйкозан	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	738,3	39,5	218,3
Генэйкозан	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	746,3	40,2	218,6
Докозан	C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	748,6	44,3	221,6
Трикозан	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	753,2	47,3	221,6
Тетракозан	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	756,3	50,7	221,7

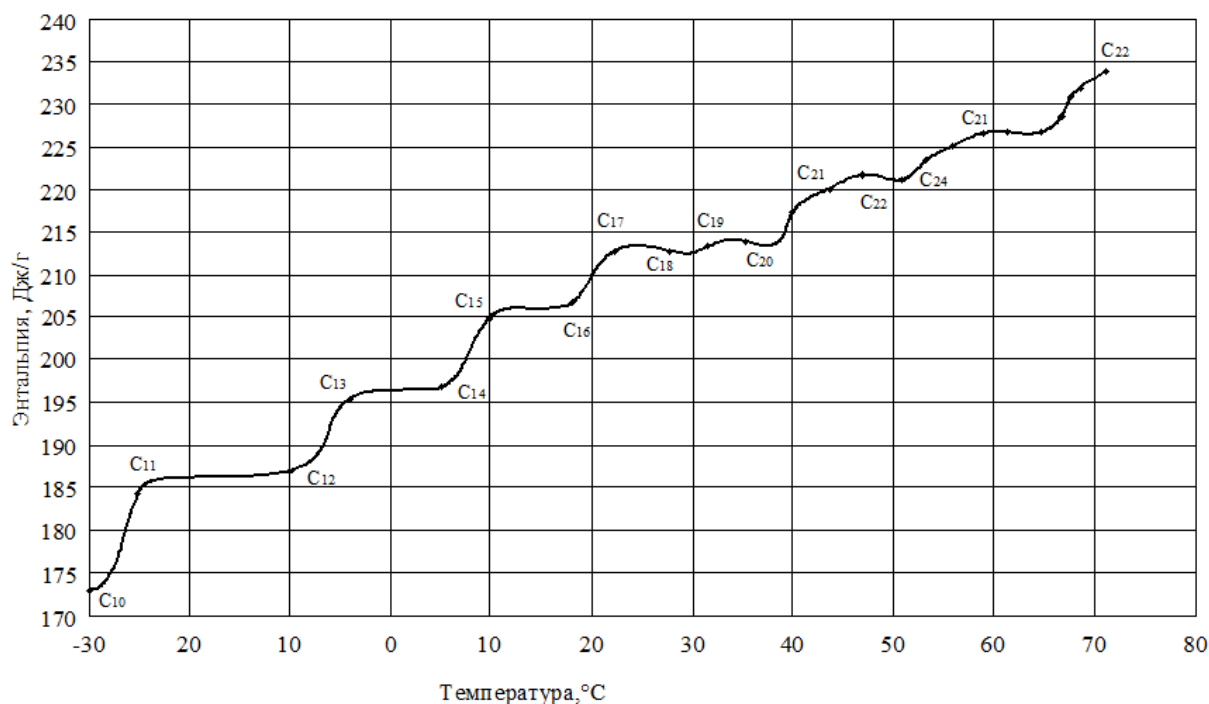
1.10 кесте мәліметтері көрсеткендей, жеке н-алкандарының молекулаларындағы көміртек атомдарының санының артуымен балқу температурасы мен балқудың жалпы жылуы жоғарылайды. Алайда, н-алкан молекуласындағы көміртек атомдарының саны 26-дан жоғары болса, салыстырмалы түрде өзгермейді [129].

1.7 суретте 1.10 кестенің деректері бойынша салынған балқу температурасына байланысты балқудың жалпы және фазалық ауысу жылуының өзгеру графигі көрсетілген.

Ғимараттардың қоршау конструкцияларының эксплуатациялық жағдайларын және конструкциядағы жылуаккумуляциялаушы материалдың жұмыс жағдайларын ескере отырып, одан әрі зерттеулерде қатты парафиндер қарастырылмайтыны анық.

Қоршау конструкцияларына арналған жылуаккумуляциялаушы материалдарға қойылатын негізгі эксплуатациялық талаптар: қажетті балқу және фазалық ауысу температурасы; жалпы (балқу мен фазалық ауысу) энтальпиясының салыстырмалы жоғары болуы; балқу кезіндегі көлемдік

шөгуінің төмен болуы; конструкцияға байланысты материалдың коррозиялық инерттілігі.



Сурет 1.6 – Балқу температурасына байланысты жалпы балқу және фазалық ауысу жылуының өзгеру сызбасы

Ғылыми әдебиеттерді талдау тауарлы парафиндер мен н-алкандардың жыл сыйымдылығы бір күйден екінші күйге өту кезінде, яғни фазалық ауысу және оның өзгеруі кезінде зерттеуге арналған ғылыми еңбектердің аз екендігін көрсетті. Мәселен [130, 131] еңбектерде, балқу жылуының мөлшерінің өзгеруін зерттеу және парафиндердің фазалық ауысу кезіндегі оның жиынтық мәнін бағалау қарастырылады, ал [132] еңбектерде қатты парафиндердің жылу сыйымдылығын бағалау нәтижелері көрсетілген.

Әсіресе температураға байланысты жеке н-алкандардың жылу сыйымдылығы, [133, 134] ғылыми еңбектерде келтірілген көмірсутектердің сыни сипаттамаларын зерттеу нәтижелері қызықты. Парафиндер мен н-алкандардың жылу сыйымдылығын зерттеуге арналған жоғарыда қарастырылған жұмыстарды талдаудың маңызды нәтижесі температураның жоғарылауымен сұйық және қатты парафиндердің жылу сыйымдылығы артады, ал балқу температурасы өзгерісінің жылусыйымдылыққа әсері жоқ. Бұл жұмыстардың маңызды қорытындысы – қатты және сұйық күйдегі парафиндердің жылусыйымдылықтар шамамен бірдей екендігі анықталған.

Сонымен бірге тауарлық сұйық және қатты парафиндердің жылу сыйымдылығы олардың химиялық құрамына байланысты деген қорытынды жасалған.

[135] еңбекте сұйық және қатты фазалар арасындағы н-алкандардың таралу коэффициентіне және кристалдану температурасына байланысты

күрделі қатты және сұйық фазалық жүйелердің түзілетіндігі дәлелденген. Бұл жағдайда кристалдану кезінде молекулалардың бір-біріне қатысты орналасуының өзгеруіне байланысты кристалдану жылуы бөлінеді және айтарлықтай шөгу байқалады. Бұл қорытынды энергетикалық белсенді қоршау конструкцияларында кейбір жабық көлемдегі пайдаланғанда немесе микрокапсулаланған жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдаланғанда маңызды.

Молекулалардың симметрия осінің орналасуына байланысты жұп *n*-алкандардың кристалдануы тақ *n*-алкандармен салыстырғанда әртүрлі жолдармен жүреді деген тұжырым да маңызды. Көміртек атомдарының саны бірдей болған кезде, жұп *n*-алкандардың тақ *n*-алкандарымен салыстырғанда балқу температурасы жоғары болады. Бұл жұп *n*-алкандарда молекулалардың симметрия осі байланыстың ортасында (-C-C-), ал молекулалардың симметриялы орналасуымен түсіндіріледі.

Сонымен қатар, тақ *n*-алкандарда молекуланың симметрия осі -CH<sub>2</sub>-тобының ортасында, ал молекулалар симметриясыз орналасады. Демек, жұп *n*-алкандардағы молекулалық тордың құрылысы симметриялы, сондықтан жақын тұрған тақ алкандармен салыстырғанда балқу температурасы жоғары болады. Мәселен, кристалл күйіндегі жұп *n*-алкандардың фазалық ауысу температурасы балқу температурасынан 1...4°C-ке, ал тақ *n*-алкандарда 7-13°C-қа төмен болады. Бұл *n*-алкандардың молекулярлық массасының өсуімен, кристалдық тордың параметрлерінің өзгеруімен түсіндірілді. Ал соңғы айтылған тұжырым *n*-алкандардың балқу мен фазалық ауысу температураларына өз әсерін тигізетіні анық. Осыған байланысты фазалық ауысу температуралары, шөгу мәндері, кристалдық құрылымның сипаты және жұп және тақ *n*-алкандардың жылу сыйымдылығы әртүрлі мәндерге ие болады деген қорытынды жасауға болады.

Парафиндер мен *n*-алкандардың кристалдану кезінде жылу шығаруын зерттеу нәтижелеріне жүргізілген талдау молекуладағы көміртек атомдарының санының азаюы олардың балқу температурасының төмендеуіне әкелетінін көрсетті, жұп *n*-алкандарда тақ *n*-алкандармен салыстырғанда балқу энтальпиялары жоғары болады.

Құрылыс конструкцияларын қоршау үшін жылуаккумуляциялайтын материалдар ретінде тауарлық парафиндерді қолданудың тиімділігі мәселесінде жылуөткізгіштікті бағалау және оларды анықтау әдістері де маңызды болып табылады [136-138]. Диэлектриктер болып табылатын парафин кристалдарында жылу фонндар арқылы тасымалданатыны белгілі.

Бұл жағдайда жылуөткізгіштігін келесі формула арқылы анықтауға болады:

$$\lambda = \frac{1}{3} \cdot c \cdot \vartheta \cdot l, \quad (1.9)$$

мұндағы *c* – көлем бірлігіндегі жылу сыйымдылық, Дж/(м<sup>3</sup>°C); *ϑ* – дыбыстың орташа жылдамдығы, м/с; *l* – фоннның орташа еркін жүру жолы, м.

Айта кету керек парафиндердің  $\lambda$  жылу өткізгіштік коэффициенті металдармен салыстырғанда айтарлықтай төмен деген қорытынды шығады.

Жоғарыда айтылғандай, қоршаудағы жылуаккумуляциялайтын материалдар жұмысының маңызды сипаттамасы олардың шөгуі болып табылады. Әдетте сұйық күйдегі парафиндер мен n-алкандар тығыздығы  $750...800 \text{ г/см}^3$  болатын, тұтқырлығы төмен мөлдір сұйықтықтар. Кристалл күйінде шөгуіне байланысты парафиндер мен n-алкандар тығыздығы  $860...900 \text{ г/см}^3$  болатын қатты заттар болып табылады. Бұл жағдайда парафиндер мен n-алкандардың шөгуі және олардың кеңеюі мәселелерін зерттеу қажет, өйткені балқу кезінде парафин көлемінің күрт ұлғаюы көлемде, капсулада, панельде немесе модульде қысымның жоғарылауына алып келеді.

[139] еңбекте келтірілген зерттеу нәтижелері қатты парафиндердің жұмыс қысымының жоғарылауы  $10-50 \text{ МПа}$  жетуі мүмкін екенін көрсетті. Сонымен қатар, қысымның белгілі бір көлемде жоғарылауымен жылуаккумуляциялайтын материалдың балқу температурасының бірнеше градусқа көтерілу мүмкін ескеру қажет.

Парафиндерге негізделген жылуаккумуляциялаушы материалдарды зерттеу нәтижелеріне шолу, олардың жылуфизикалық қасиеттерін талдау, олардың балқу температурасының қоршау конструкцияларын пайдалану жағдайларына сәйкестігін бағалау, сондай-ақ олардың эксплуатациялық қасиеттерін талдау әр түрлі фазалық күйдегі парафиндер негізіндегі ЖАМ-ын сыртқы қоршау құрылымдарында қолданудың тиімділігі мен ұтымдылығын көрсетті.

### **Тарау бойынша негізгі қортындылар. Зерттеудің мақсаты мен міндеттері**

Жүргізілген әдеби шолу мен жылуаккумуляциялаушы материалдарды қолдану тәжірибесінен құрылыста жылуаккумуляциялаушы материалдарды қолдану аясы және қазіргі уақыттағы олардың түрлерінің айтарлықтай көп екені туралы қортынды жасауға болады. Осыған байланысты тұрғын үйлердің пайдалану жағдайларына бейімделген жаңа тиімді жылуаккумуляциялаушы материалдарды жасау, олардың жылутехникалық қасиеттерін зерттеу, сонымен қатар зерттеулерді күшейту және фазалық ауысу және балқу жылуы жоғары көп компонентті жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу қажеттілігі туындайды.

Жылуаккумуляциялаушы материалдар өндірісінде перспективті, жылуды үнемдеу және экономикалық тұғырдан тиімді бағыттардың бірі ол жылуды жинақтаудың жасырын түріне ие фазалық күйі ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар болып табылады.

Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдың жылуфизикалық қасиеттерін салыстырмалы талдау нәтижесі үйлердің қоршау конструкцияларында қолдану үшін жылу сыйымдылығы мен қол жетімділігі, фазалық ауысу температураларының тұрғын-үйді пайдалану жағдайларына



сәйкес келеуі, өзіндік құны бойынша оңтайлы тауарлы парафиндер деген қорытынды жасауға болады. Дегенмен жылуфизикалық және эксплуатациялық қасиеттері үйлердің қоршау конструкцияларының пайдалану жағдайларына сәйкес келетін тауарлы парафиндер негізіндегі төмен температуралы жылуаккумуляциялаушы материалдарды жасау, сонымен қатар қоршау конструкцияларының құрамында олардың жұмыс ерекшеліктерін зерттеу қажеттілігі туындайды.

Тұрғын-үйлердің жылуаккумуляциялаушы қоршау конструкцияларының тиімді жұмыс жасауы тек олардың конструкциялық шешімдеріне ғана тәуелді болып қалмастан, таңдалған жылуаккумуляциялаушы материалды тұрғын-үйді пайдалану жағдайларына сәйкес таңдауға да тәуелді. Сонымен қатар, қоршау конструкцияларында қолданылатын фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарға келесі негізгі талаптар қойылады:

- фазалық ауысудың жоғары энтальпиясы мен тығыздығы;
- пайдалану жағдайларына сәйкес келетін оңтайлы балқу температурасының тұрақтылығы;
- олардың қайда да бір фазалық күйіндегі жоғары жылусыйымдылығы;
- көп циклды балқу мен кристалдану жағдайында материалдың жылу техникалық қасиеттерінің тұрақтылығы;
- қыздыру және балқу кездерінде аз өлшемде көлемінің өзгеруі;
- химиялық белсенділігі төмен және құрылымдағы материалдарға инертті болуы;
- экологиялық талаптарына сәйкес болуы (зиянды және улы газдардың, сонымен қатар қоршаған ортамен және конструкциялық материалмен қауіпті реакцияларының болмауы тиіс).

Жоғарыда аталған негізгі талаптар үйлердің қоршау конструкциялары үшін қажетті эксплуатациялық қасиеттері бар фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар жасауға негіз болды.

Әдеби дерек көздерді талдау парафиндер мен n-алкандардың бір күйден екінші күйге өту кезіндегі жылусыйымдылығын зерттеуге арналған ғылыми еңбектердің аз екендігін көрсетті.

Парафиндер негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалдарды зерттеу нәтижелеріне шолу, олардың жылуфизикалық қасиеттерін талдау, балқу температурасының қоршау конструкцияларының жұмыс шарттарына сәйкестігін бағалау, сондай-ақ олардың пайдалану қасиеттерін талдау үйлердің қоршау конструкциялары үшін сұйық және тауарлы парафиндерді ЖАМ ретінде қолданудың негізділігін, тиімділігін және ұтымдылығын көрсетті.

Жоғарыда әдебиеттерге шолудың нәтижелері, фазалық ауысатын жылуаккумуляциялаушы материалдарын зерттеу, олардың жылу техникалық және эксплуатациялық қасиеттерін талдау осы диссертацияның мақсаты мен міндеттерін анықтады.

**Зерттеу мақсаты.** Мұнайлы тауарлық парафиндер негізінде ғимараттың қоршау конструкцияларында қолдануға арналған фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалды жасау және оның тиімділігін негіздеу

Осы мақсатқа қол жеткізу үшін келесі **ғылыми міндеттер** қойылды және шешілді:

- жылуаккумуляциялаушы материалдарды құрылыс саласында қолдануға, фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдар мен олардың жылутехникалық қасиеттеріне әдеби шолу жасау арқылы тауарлы парафиндерді ғимараттардың сыртқы қоршауларында қолдануға арналған жылуаккумуляциялаушы материалдардың тиімділігін негіздеу;

- қоршау конструкциялары үшін тауарлық парафиндер негізінде балқу температурасы  $+25^{\circ}\text{C}$  дейінгі және жоғары энтальпиялы (200Дж/г дан жоғары) жылуаккумуляциялаушы материал және оларды алу әдістерін жасау;

- жылуаккумуляциялаушы материалдардың қасиеттерін зерттеу әдістері мен тәсілдерін жасау және оларға сәйкес парафиндер мен олардың компоненттері негізінде жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттерін зерттеу;

- әзірленген фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарды энергияға белсенді және үнемдейтін қоршау конструкцияларында қолданудың тиімділігін ғылыми негіздеу;

- энергияға белсенді қоршау конструкцияларында қолданылатын балқу температурасы  $+25^{\circ}\text{C}$ , жалпы энтальпиясы 200Дж/г дан жоғары жылуаккумуляциялаушы материалдарға ұйым стандартын әзірлеу.

## **II ҒИМАРАТТАРДЫҢ СЫРТҚЫ ҚОРШАУЫНДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН БАЛҚУ ТЕМПЕРАТУРАСЫ 25°C ДЕЙІНГІ ЖЫЛУАККУМУЛЯЦИЯЛАУШЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ ЖАСАУ**

Энергияны үнемдейтін, тиімді азаматтық үйлерді салу және олардың энергияны белсенді пайдаланатын жаңа түрлерін жобалау олардың сыртқы қоршауда жылу энергиясын әр түрлі әдістермен, құрылымдық шешімдерді жобалау арқылы жинақтаумен байланысты. Құрылыс индустриясы саласында бұл замануи ғылыми бағыттың дамуы құрылыс материалдарын өндіру саласында жылуаккумуляциялаушы, жылужинақтаушы құрылыс материалдарының дамуына алып келді.

Жұмыстың әдебиеттік шолуынан жасаған тұжырымдамадан, энергияны үнемдейтін және жылужинақтайтын құрылыс материалдарын өндіруде жасырын жылу сақтау қоры бар ЖАМ-дарды жасау тиімді және маңызды бағыттардың бірі болып келеді. Бұл материалдар ішінде ерекше қарарға ие ол ауыспалы фазалы жылуаккумуляциялаушы материалдар болып табылады [140-142]. Фазалық күйі ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарда жылуэнергиясының қоршаған ортаға таралуы фазалық ауысу кезінде, яғни материал қатты күйден сұйық күйге ауысу кезінде жүреді. Қатты күйден сұйық күйге ауысу кезінде бұл материалдар қарапайым құрылыс материалдар тәрізді жылуды өзіне сіңірген кезде температурасы өседі. Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарда жылуды жинақтау материалдың құрылымының бұзылуы арқылы, ал жылуды қоршаған ортаға беру кристаллдардың қайта қалыптасу кезінде жүреді. Бұл ерекшелік бұл материалдарды дәстүрлі қолданыстағы жылуаккумуляциялаушы материалдардан ерекшелендіреді.

Жүргізілген әдеби шолу нәтижелері әртүрлі жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылуфизикалық қасиеттерін талдау өнеркәсіпте кеңінен өндірілетін және де қол жетімді, арзан материал ол мұнай және мұнай өнімдері қалдықтарынан алынған парафиндер екені негізделді.

Жоғарыда айтылғанды ескере және өткізілген әдеби шолудың негізінде зерттеудің бастапқы сатысында, балқу температурасы 25°C дейін, энтальпиясы 200Дж/г жоғары және ғимараттардың энергия үнемдейтін қоршау конструкцияларында қолдану үшін қажетті эксплуатациялық қасиеттері бар тауарлық парафиндер негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материал әзірлеу болып табылады.

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін төмендегі міндеттер шешіледі:

- балқу температурасы 25°C дейін жылуаккумуляциялаушы материалдарды алу тәсілін негіздеу;
- сұйық және қатты парафиндерді араластыру арқылы алынған фазалық балқу және кристаллдану энтальпиясы жоғары, балқу температурасы 25 °C тең жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамы мен қасиеттерін зерттеу;
- жеке n-алкандар негізінде алынған балқу температурасы 25°C дейін жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамы мен қасиеттерін зерттеу;

- энергияға белсенді сыртықы қоршау конструкцияларында қолданылатын тиімді белгілі қасиеттері бар жылуаккумуляциялаушы материалды жасауда негізгі материал болатын тауарлық парафиндердің негізгі қасиеттерін зерттеу және қасиеттерін анықтау;

- парафиндер негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылуфизикалық және эксплуатациялық қасиеттерін зерттеу әдістемесін әзірлеу.

## **2.1 Тауарлы парафиндер негізінде балқу температурасы 25°C дейінгі жылуаккумуляциялаушы материалдарды алу тәсілін негіздеу**

Қазіргі таңда қажетті жылуфизикалық қасиеттерге ие жылуаккумуляциялаушы материалдарды алудың екі әдісі белгілі. Бірінші әдіс балқу температурасы 25°C болатын материалдарды сұйық және қатты тауарлық парафиндерді әртүрлі қатынаста араластыру арқылы жасау. Екінші әдіс балқу температурасы 25°C болатын және 200Дж/г жоғары балқу және фазалық ауысу энтальпияларына ие бірнеше жеке n-алкандарды араластыру арқылы алу.

Әр түрлі фазадағы тауарлы парафиндерді араластыру негізінде балқу температурасы 25°C дейінгі жылуаккумуляциялаушы материалдарды алу салыстырмалы түрде қарапайым, қымбат емес және қосымша дайындық шығындарын қажет етпейтін әдіс.

Энергияны үнемдейтін және белсенді сыртқы қоршауды жобалауға арналған жылуаккумуляциялаушы материалды әзірлеу кезінде жұмыста негізгі материал ретінде А маркалы тауарлы сұйық парафин және Т-2 маркалы мұнайлы техникалық тауарлық парафин пайдаланылды.

А маркалы тауарлық парафиннің құрамында СТП ТШ КОМП 2-760-16 [143] сәйкес  $C_{14}H_{30}$  дан  $C_{17}H_{36}$ -ға дейінгі фракциялар болады. Ол құрамында көмірсутектердің массалық үлесі кемінде 99% болатын мөлдір, түссіз сұйықтық, басқа заттардың массалық үлестері: су – 0,1-ден, қатты қоспалар – 0,05% кем емес, HCl есептегендегі қышқылдардың массалық үлесі – 0,05% аспайды. Балқу температурасы 5-7°C, балқу мен фазалық ауысудың жалпы энтальпиясы 205-213 Дж/г аралығында болады.

МЕСТ 23683-89 [144] сәйкес Т-2 маркалы мұнай-техникалық тауарлық парафин ақ түсті кристалдық масса (сәл сары түс те рұқсат етіледі). Ол техникалық мақсаттағы қатты тазартылған парафин. Химия және мұнай-химия өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Бұл метан қатарындағы қатты көмірсутектердің араласпасы және құрамында  $C_{18}H_{38}$  -  $C_{21}H_{44}$  фракциядағы n-алкандардан тұрады. Тұтану температурасы 160°C-тан төмен емес және өздігінен тұтану температурасы 300°C-тан төмен болмайтын жанғыш зат болып табылады. Майдың массалық үлесі 2,3%-дан аспайды, ал балқу температурасы 28-41°C, балқу мен фазалық ауысудың жалпы жылуы 214-222 Дж/г аралығында болады.

Парафиндердің негізгі жылуфизикалық қасиеттері олардың құрамына енетін n-алкандарға тәуелді болады, 2.1-кестеде А маркалы техникалық сұйық парафин мен Т-2 маркалы қатты мұнай парафинінің құрамына енетін n-алкандарының негізі жылутехникалық қасиеттері көрсетілген.

2.1 кесте –  $C_{14}H_{30}$  дан  $C_{21}H_{44}$ -ке аралығындағы n-алкандардың жылуфизикалық және жылутехникалық қасиеттері [145]

n-алкан	Молекулярлық массасы	Температура, °C		Балқу мен фазалық ауысудың жалпы жылуы, Дж/г	Сұйық күйіндегі тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>
		Балқу	Фазалық ауысу		
$C_{14}H_{30}$	198,2	5,9	-	205,2	712,7
$C_{15}H_{32}$	212,4	9,9	-2,3	206,8	719,2
$C_{16}H_{34}$	226,4	18,2	16,2	212,7	725,0
$C_{17}H_{36}$	240,5	21,7	10,5	212,7	730,0
$C_{18}H_{38}$	254,5	28,0	27,3	214,4	734,0
$C_{19}H_{40}$	268,5	32,0	22,8	214,4	739,0
$C_{20}H_{42}$	282,5	36,7	36,2	218,1	738,0
$C_{21}H_{44}$	296,6	40,3	32,5	219,8	746,8

Зерттелетін ЖАМ-ды жасауда эксплуатациялық жағыдайларға сай таңдалған фазалық ауысу температурасын есепке ала белгілі массалық үлестерде бастапқы әр түрлі фазадағы парафиндер бір бірімен араластырылады. Бастапқы парафиндерді бір бірімен араластыруда және олардың массалық үлесін анықтауда [146] еңбектегі ұсыныстарға сүйене жүргізілді.

Қабылданған тауарлық сұйық және қатты парафиндер 2.1-суретте көрсетілгендей зертханалық жағдайда арастырғышпен композицияны 40-50°C температурада мұқият араластыру арқылы дайындалды.



Сурет 2.1– Жылуаккумуляциялаушы материал композицияларын әзірлеуге арналған зертханалық жабдық

Бастапқы парафиндерді бір бірімен әртүрлі массалық үлестерде араластырумен алынған және одан әрі диссертациялық зерттеулерді жүргізі үшін дайындалған ЖАМ-дар туралы мәліметтер 2.2 кестеде келтірілген.

2.2 кесте – Әртүрлі фазалы парафиндерді араластыру арқылы алынған жылжинақтаушы материалдардың (ЖАМ) құрамы, массалық үлесі және балқу температурасы

ЖАМ	Компоненттер	Құрамы, % масса	Температура		
			Балқыту	Басталуы	Соңы
ЖАМ-35	$C_{14}H_{30} - C_{17}H_{36}$	55,5	35	47	30
	$C_{18}H_{38} - C_{21}H_{44}$	44,5			
ЖАМ-25	$C_{14}H_{30} - C_{17}H_{36}$	99,4	25	44	21
	$C_{18}H_{38} - C_{21}H_{44}$	10,6			
ЖАМ-20	$C_{14}H_{30} - C_{17}H_{36}$	25,9	20	42	12
	$C_{18}H_{38} - C_{21}H_{44}$	74,1			
ЖАМ-15	$C_{14}H_{30} - C_{17}H_{36}$	16,7	15	35	7
	$C_{18}H_{38} - C_{21}H_{44}$	83,3			

Жоғарыда келтірілген кестенің мәліметтері парафиндерді әртүрлі арақатынастарда араластыру арқылы керекті балқу температурасына ие ЖАМ-ды алуға болатындығы дәлелденді.

Бірақ та алынған композиттің құрамдас бөліктерінің физикалық және жылу техникалық қасиеттерінде үлкен айырмашылықтар болуына байланысты, балқу температурасы бір материал алынғанмен балқу және фазалық ауысу энтальпиясы салыстырмалы түрде төмендеу ЖАМ-дар алынатыны анық. Төмен энтальпиялы материалдардың алынуы жасалған ЖАМ-дың балқу мен фазалық ауысу температурасы кең шектерде болатын эвтектиканы түзуімен түсіндіріледі. Бірақ та мұндай жылу аккумуляциялаушы материалдарда балқу және қатаудың бірнеше циклдарынан кейін жеке қабат қабатқа бөлініп, қайтадан қатты және сұйық фазалық күйлерге ажыралатынын анықталды.

Сыртқы қоршауларды пайдалану жағдайында ұсынылған композициялық ЖАМ-ның температурасын тұрақты ұстап тұруы қиын екенін ескере отырып, мұндай материалдар оларға қойылатын талаптарға сәйкес келмейді және жылу аккумуляциялаушы материалдар ретінде пайдалануға жарамсыз. Алайда, тауарлық парафиндерді құрылыста жылу аккумуляциялаушы материалдар ретінде қолдану туралы ақпаратты байыту, олардың жылу-физикалық қасиеттері мен фазалық ауысу ерекшеліктері туралы білу, олардың шөгуді туралы ақпаратты толықтыру мақсатында олардың жылу техникалық және эксплуатациялық қасиеттеріне зерттеулер жүргізілді.

Жылу аккумуляциялаушы материалдарды алудың екінші әдісі балқу температуралары бір-біріне жақын және сәйкесінше салыстырмалы түрде жоғары балқу және фазалық ауысу энтальпияларына ие бірнеше жеке н-алкандарды белгілі бір арақатынастарында араластыру арқылы алынады.

Тауарлық парафиннің құрамынан парафиндердің қажетті фракциясын бөліп алу үшін [147] еңбекте көрсетілген ерігіштік көрсеткіштеріне сәйкес арнайы еріткіштермен фракцияларды экстракциялау әдіс қолданылды.

Бұл кезде, парафин үлгісі тетігі бар екі басты колбаның бір басына орналастырады, ал екінші басына Шот сүзгісі дәнекерленеді. Қосымша шыны түтігінің ұзындығы 15-тен 20 мм-ге дейін, сыртқы диаметрі 6-8 мм, ал ішкі диаметрі 4-6 мм.

Түтігі бар колбада парафин балқытылады, содан кейін жылдам салқындатылады. Бұл кезде колбадағы түтікті, жұқа парафин қабатын алу мақсатында үнемі шайқатылып тұру қажет. Әрі қарай, колбаға метилэтилкетонның белгілі бір көлемі құйылады. Ұзақ шайқатылып және 6 сағат тұндырғаннан кейін ерітінді Шот сүзгісі арқылы фарфор шыныаяққа құйылады. Одан кейін фарфор шыныаяқтағы алынған масса қыздырылып еріткіші буланып сыртқа шығады да, қалған фракция өлшенеді. Колбаға 75:25 қатынасында метилэтилкетон мен толуол араласпасы құйылады [148]. Біріншісіне ұқсас екінші фракция, үшінші және т.б. бөлініп, алынған парафин фракцияларының балқу температурасы анықталады.

Осы әдісті қолдана отырып, жұмыста тауарлық парафинді еріткіштермен фракциялау жүргізіледі. Қажетті температураға жақын балқу температурасы бар парафин фракциялары бөліп алынды.

[149-151] әдебиттерде жеке n-алкандардың өздеріне тән жеке балқу температурасы бар екендігі айтылған. Осы тұжырымға сүйене қажетті балқу температуралы жылужинақтайтын материалдың құрамын белгілейміз. Мысал ретінде  $C_{14}H_{30}$  құрамды n-алкан балқу температурасы  $+6^{\circ}C$  ЖАМ алуға болады, ал  $C_{18}H_{38}$  n-алканнан – балқу температурасы  $+20^{\circ}C$ ,  $C_{20}H_{42}$  n-алканнан – балқу температурасы  $+37^{\circ}C$  тең ЖАМ-ды алуға болатындығы расталды.

Айта кету керек, жеке n-алкандар мен олардың қоспалары үшін де жалпы энтальпиясы балқу энтальпиясы мен кристалдық күй энтальпиясының қосындысынан тұрады.

Жұп қатардағы жеке n-алкандар үшін анықталғандай жылуды сіңіру мен тарату жүретін  $5-7^{\circ}C$  температура, ал тақ қатардағы n-алкандар үшін –  $8-11^{\circ}C$  шектерінде жүретіндігі анықталды.

Бірнеше жеке n-алкандарды араластыру арқылы қажетті балқу температурасы бар және фазалық ауысу энтальпиялары 180-220 Дж/г деңгейіндегі ЖАМ-ды алуға болатыны анықталды.

Айта кеті керек, бұл кезде тиімді болып бір-біріне жақын орналасқан фракциядағы n-алкандарды араластыру тиімді. Бұл жағдайда олардың фракцияларының балқу температурасы арасындағы айырма аз болады. Бұл кезде материалдың балқуы мен кристалдану кезінде жылуаккумуляциялаушы материалдар қабат-қабаттарға бөлінбейді және материал барлық эксплуатациялық уақытта тұтас болады және жылутехникалық қасиеттерін сақтайды [152].

Мысалы, [152] жұмыс нәтижесінде, егер балқу температурасы  $32^{\circ}C$ -қа тең  $C_{19}H_{40}$  жеке n-алканын балқу температурасы  $36,7^{\circ}C$ -қа тең  $C_{20}H_{42}$  n-

алканымен 32,9:67,1 қатынасында араластыра балқу температурасы шамамен 35°C-қа тең болатын ЖАМ алуға болатыны айтылған.

2.3 кестеге сәйкес жеке н-алкандарды немесе олардың жеке фракцияларын араластыру арқылы алынатын жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу температуралары көрсетілген.

2.3 кесте – Жеке н-алкандарды араластыру арқылы алынған ЖАМ-дың құрамы мен балқу температуралары [152]

ЖАМ атауы	н-алкандар	н-алкандардың құрамы, % масс.	Балқу температурасы, °С	
			н-алкан	ЖАМ
ЖАМ-35	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	33,1	32,0	35,0
	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	66,9	36,7	
ЖАМ-25	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	44,7	21,7	25,0
	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	55,3	28,0	
ЖАМ-25	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	73,2	21,7	25,0
	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	26,8	32,0	
ЖАМ-20	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	44,2	18,2	20,0
	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	55,8	21,7	

2.3 кестедегі зерттеу нәтижелерін талдау белгілі массалық үлесте жеке н-алкандарды араластыру арқылы керекті пайдалану температурасына балқу температурасы сәйкес келетін ЖАМ-ды алуға болатындығы дәлелденді.

2.4 кестеде жеке н-алкандарды араластыру арқылы алынған балқу температурасы 25°C тең екі компонентті жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамы, фазалық ауысу температурасы және жеке жылутехникалық қасиеттері көрсетілген.

2.4 кесте – н-алкандарды араластыру арқылы алынған екі компонентті жылуаккумуляциялаушы материалдардың қасиеттері

Параметрлері	Өлшем бірлігі	Құрамындағы н-алкандар	
		C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> +C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> +C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>
C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	масс. %	44,7	73,2
C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	масс. %	55,3	-
C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	масс. %	-	26,8
Жуков әдісі бойынша алынған балқу температурасы, °С	°С	25,1	25,2
Молекулярлық массасы	-	247,74	247,63
Балқу энтальпиясы	Дж/г	169,1	170,8
Фазалық ауысу энтальпиясы	Дж/г	35,6	34,6
Жалпы (фазалық ауысу және балқу) энтальпиясы	Дж/г	204,7	205,4

2.4 кестенің деректері балқу температурасы 25°C тең екі компонентті жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу энтальпиясы салыстырмалы түрде жоғары емес екені анықталды (169,1-170,8 Дж/г-ға дейін), бірақ жалпы (балқу және фазалық ауысу) энтальпиясы 204,7-тен 205,4 Дж/г аралығында екенін көрсетеді.



Айта кету керек, жеке н-алкандарды араластыру арқылы алынған жылуаккумуляциялаушы материалдарда балқу және фазалық ауысу энтальпияларының жиынтығы төмендейді.

Жеке н-алкандарды араластыру арқылы алынған жылуаккумуляциялаушы материалдардың негізгі кемшілігі материалды алу үшін қолданылатын жеке н-алкандардың салыстырмалы қымбаттығы болып табылады. Осыған байланысты жеке н-алкандарды араластыру арқылы алынған жылуаккумуляциялаушы материалдарды алу және қолдану тиісті техника-экономикалық негіздемені талап етеді.

## **2.2 Парафиндер негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылуфизикалық және эксплуатациялық қасиеттерін зерттеу әдістемесі**

Парафиндер негізінде жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамын, жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттерін анықтау мен оларды зерттеу әдістері мен әдістемелері диссертациялық жұмыстың мақсатына сай таңдалды.

Алынған жылуаккумуляциялаушы материалдардың фракциялық құрамы стандартты GCMS-QP2010 Ultra газмасс-спектрометірінде газдыхроматографиялық талдау арқылы зерттелді.

Қоршау конструкцияларында қолданылатын және қойылған мақсатқа сай алынған жылуаккумуляциялаушы материалдардың ең маңызды оның тиімділігіне әсер ететін жылутехникалық қасиеті болып фазалық ауысуы және балқу температурасы саналады. Жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу температурасы МЕСТ 4255-75 [153] бойынша анықталды.

Стандартта белгіленген әдіске сәйкес Жуков құралына балқыған парафин үлгісі орналастырылады және бөлме температурасына дейін біркелкі салқындатылады. Парафин бұл кезде кристалданады. Әдіс бойынша арнайы таймер арқылы температура әр минутта өлшеніп тұрды. Білгілі уақытта өзгерусіз сақталған температура парафиннің балқу температурасы деп саналды. Қатты парафиндердің балқу температурасын МЕСТ 4255-75 [153] бойынша анықтау үшін құралдағы вакуумдық ыдыстың ішкі ыдысы ұсақталған парафинмен толтырылады және ыстық су ваннасында қыздырылады. Парафиннің балқуының басталу температурасы алғашқы сұйық тамшылардың пайда болу температурасына теңеледі, ал парафиннің балқуының аяқталу температурасы болып кристалдардың толық температурасына теңеледі.

Балқу температурасы 15-тен 25 °С-қа дейінгі сұйық парафиндер үшін зерттелетін материалдар үлгілері мұздатқыш камерасында оның болжамды балқу температурасынан жоғары температурада салқындатылды. Балқытылған өнім кристалды күйге өткеннен кейін балқу температурасы анықталды. Жасалған материалдардың тығыздығы МЕСТ 3900-85 [154], ал кинематикалық тұтқырлығы МЕСТ 33-2000 [155] бойынша анықталды.

Жылуаккумуляциялаушы материалдар мен n-алкандардың балқу энтальпиясы және фазалық ауысуының жиынтығы төмендегі қатынас негізінде анықталды: жұп қатардағы n-алкандар үшін:

$$\Delta H = \frac{4093n - 11733,3}{14n + 2}, \quad (2.1)$$

тақ қатардағы n-алкандар үшін:

$$\Delta H = \frac{4093(n - 1) - 11733,3}{14n + 2} \quad (2.2)$$

мұндағы: n - n-алкан молекуласындағы немесе жылуаккумуляциялаушы материалдағы көміртек атомдарының орташа саны.

Жылуаккумуляциялаушы материалдың жылу өткізгіштігі ИТ-λ-400 құрылғысында анықталды. Бірінші кезеңде парафин араласпасының балқу температурасын есептеу арқылы алдын-ала есептеп, содан соң МЕСТ 4255-75 бойынша эксперименталды түрде анықталады [153].

Парафиндер мен жылуаккумуляциялаушы материал араласпасының шөгуі капиллярлы шыны шар сияқты [156] дилатометрде анықталды. Дилатометрге зерттелетін жылуаккумуляциялаушы материалдың ілмегі енгізіліп, су ваннасына орналастырылады, ол қыздырылады немесе 1°C/минут жылдамдықпен салқындатылады. Онда шөгу үлгі көлемінің өзгеруімен анықталады. Өлшеу нәтижелері бойынша шөгу жылдамдығының температураға  $f = \left( \frac{\Delta \rho}{\Delta t} \right)$  тәуелділігі графигі жасалады.

Хош иісті көмірсутектердің құрамын анықтау МЕСТ 27808-88 бойынша жүргізілді [157]. Жылуаккумуляциялаушы материалдағы тамшы судың құрамы оларды зертханалық ыдыста тұнуы бойынша анықталды.

Жылуаккумуляциялаушы материал қасиеттерінің тұрақтылығы жылуаккумуляциялаушы материалы бар герметикалық ыдыстарды ұзақ уақыт бойы 80°C-85°C температурада (балқу температурасынан 60°C жоғары) ұстау арқылы анықталды. Материал үлгілерін дайындау және жылутехникалық қасиеттерін анықтау әр екі айда жүргізілді. Материалдардың жылутехникалық қасиеттерін анықтау нәтижелері алдыңғы екі айда сыналған үлгілердің нәтижелерімен салыстырды. Зерттеу нәтижесінде алынған жылуаккумуляциялаушы материалдың пайдалану кезіндегі қасиеттерінің өзгеруі бағаланды.

Жылуаккумуляциялаушы материалдың маңызды эксплуатациялық сипаттамасы балқу мен кристалданудың жұмыс циклдеріне тұрақтылығы болып табылады. Оны анықтау үшін ЖАМ арнайы түтіктерге орналастырылады. Содан соң ондағы жылуаккумуляциялаушы материалы бар түтіктерді балқыту үшін бір сағат ішінде температурасы 80-85°C (балқу температурасына 65°C жоғары) су ваннасына орналастырылады. Әрі қарай

жылуаккумуляциялаушы материалы бар түтіктер кристалдану үшін бір сағат ішінде 15-20°C су ваннасына орналастырылады. Өзірленген жылуаккумуляциялаушы материал балқу-кристалданудың 1000-нан астам циклі кезінде сыналады. Содан кейін жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылуфизикалық қасиеттері анықталады және талданады. Балқу температуралары салыстырылады. Бұл кезде алынған материалдың балқу температурасы мәнінің тұрақтылығы бағаланады.

Жылуаккумуляциялаушы материалдың тотығуға төзімділігі материал құрамындағы суда еритін қышқылдар мен сілтілердің бар болуы мен және материал құрамындағы күкірттің мөлшерін анықтаумен бағаланды.

Материалдың балқуы мен кристалданудың жұмыстық циклдерінің санын анықтау мен ЖАМ-ның қасиеттерінің тұрақтылығын зерттеу ұзақ мерзімді болады, сондықтан бүгінгі күнге дейін жалғасуда.

Жылуаккумуляциялаушы материалды алуда таңдалған әр түрлі фазалық күйдегі парафин үлгілері, парафиндерге негізделген алынған материалдардың жылутехникалық және пайдалану кезіндегі қасиеттерін зерттеуге бағытталған әдістер мен әдістемелер, қондырғылар мен лабораториялық жабдықтар жұмыс мақсатына қол жеткізуге және сапалы зерттеу жүргізуге мүмкіндік берді.

### 2.3 Зерттелетін жылуаккумуляциялаушы материалдарды жасауға арналған бастапқы парафиндердің қасиеттері

Жұмыста жүргізілген әдеби шолу нәтижелеріне сәйкес, қажетті жылутехникалық қасиеттері бар азаматтық үйлердің сыртқы қоршауларында қолдану үшін жасалған ЖАМ-дарды әр түрлі фазалық күйдегі парафиндерді араластырумен алуға да болады. Жұмыста бастапқы компонент ретінде 2.2-суретке сәйкес мұнай парафині, А маркалы СТП ТШ КОМП 2-760-16 [143] пайдаланылады.



Сурет 2.2 –  $C_nH_{2n}$  құрамдағы мұнай сұйық парафині

СТП ТШ КОМП 2-760-16 талаптары негізінде сұйық парафиндерге 2.5-кестеге сәйкес техникалық талаптар қойылады.

2.5 кесте – Сұйық парафиндерге қойылатын техникалық талаптар

№	Көрсеткіштер	Рұқсат етілген шама
1	Сыртқы түрі	мөлдір және түссіз
2	Қанықпаған көмірсутектердің массалық үлесі, %	>99
3	Материалдағы судың массалық үлесі, %	<0,11
4	Тұз қышқылына қайта есептелгендегі қышқылдың массалық үлесі	0,05
5	Қатты қоспалардың массалық үлесі, %	<0,05

Мұнайлы сұйық C<sub>14</sub>-C<sub>17</sub> фракциялы А маркалы парафин қалыпты құрылымды парафиндердің кең фракцияларынан ректификациялау жолымен бөліне алынған. Ол органикалық күкірттік қосылыстардан алдын-ала тазарту арқылы бөлінеді. Оның құрамында 99%-дан астам қалыпты құрылымды көмірсутектер және 95%-дан кем емес C<sub>14</sub>-C<sub>17</sub> н-алкандар бар. 250°C температурада жалпы көлемнің 67%-на дейін, 350°C температурада жалпы көлемнің 83%-нан астамы тазартылады. Материалдың қайнауы 235°C-тан жоғары температура басталады, оның аяқталу температурасы – 315 °C-тан жоғары емес.

ТШ 0255-043-04689375-95 [158] бойынша C<sub>14</sub>-C<sub>17</sub> фракциядағы А маркалы мұнайлы сұйық парафиндеріне қойылатын техникалық талаптар 2.6 кестеде келтірілген.

2.6 кесте – C<sub>14</sub>-C<sub>17</sub> фракциядағы парафиндерге [158] техникалық шарт бойынша қойылатын талаптар

№	Көрсеткіштер	А маркалы парафин
1	қайнаудың басталуы температурасы, °C	>235
2	қайнаудың аяқталу температурасы, °C	<315
3	ароматты (арендер) қосылыстардың массалық үлесі, %	<0,01
4	н-алкандардың массалық үлесі, %, кем емес соның ішінде:	>99,0
	н-C <sub>13</sub> массалық үлесі және одан төмен, %	>1,0
	н-C <sub>18</sub> масалық үлесі және одан жоғары, %	>1,0
4	20 <sup>0</sup> C температурадағы тығыздық, г/см <sup>3</sup>	0,76...0,78

Зерттеудің бастапқы сатысында сұйық фазадағы парафиннің стандарттағы талаптарға сәйкестігін бағаланды. Ол үшін парафин үлгілерін LC-20 Prominence сұйық хроматографында газдыхроматографиялық талдау жасалды. Өткізілген зерттеулер хаттамалары және талдау нәтижелері жұмыстың Б қосымшасында келтірілген.

Зерттеу деректерін салыстыру нәтижелері олардың СТП ТШ КОМП 2-760-16 бойынша бастапқы сұйық парафинге қойылатын техникалық талаптарға сәйкестігін көрсетті [143].

Бастапқы қатты парафин ретінде МЕСТ 23683-89 [144] сәйкес Т-2 маркалы мұнай техникалық парафині пайдаланылды. Т-2 маркалы парафиннің техникалық көрсеткіштері 2.7-кестеде көрсетілген.

2.7 кесте – МЕСТ 23683-89 [144] бойынша Т-2 маркалы қатты парафиндерге қойылатын талаптар

№ р/с	Көрсеткіштер	Мағанасы
1	Балқу температурасы, °С	52–58
2	Май құрамы, %, көп емес	1,8
3	Түсі, шартты маркасы, көп емес	11
4	Суда еритін қышқылдар мен сілтілердің құрамы	Болмауы
5	Механикалық қосылыстардың құрамы	Болмауы

Т-2 маркалы техникалық мақсатта қолданылатын парафин техникада, мұнай-химиясы өнеркәсібінде, шаруашылықта, медицинада және де басқа салаларда шикізат ретінде қолданылады.

Қатты парафиндер құрамына циклдік және изоқұрылымды көмірсутектер, n-алкандар араласпасынан тұрады. Оның элементтік және фракциялық құрамын анықтау GCMS-QP2010Ultra газ масс-спектрометрінде газды хроматографиялық талдау арқылы жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері алынған мәліметтер МЕСТ 23683-89 бойынша Т-2 маркалы бастапқы парафинге қойылатын техникалық талаптарға сәйкес келетіндігін көрсетті [144].

## **2.4 Парафиндер мен n-алкандар негізінде жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу**

### **2.4.1 Сұйық және қатты фазалық күйдегі парафиндерді араластыру арқылы жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу**

1 бөлімде жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылуфизикалық қасиеттеріне жүргізілген талдау мұнайды өңдеу процесі кезінде өнеркәсіпте кеңінен өндірілетін және қолжетімді материал тауарлық парафиндер болып табылатынын көрсетті.

Осыған байланысты, қажетті эксплуатациялық қасиеттері бар қоршау конструкцияларындағы жылуаккумуляциялаушы материал әзірлеуде:

- СТП ТШ КОМП 2-760-16 [143] техникалық талаптарына сәйкес құрамында  $C_{14}H_{30}$  ден  $C_{17}H_{36}$  дейін фракциялары бар А маркалы тауарлық сұйық фазалық күйдегі парафин;

- МЕСТ 23683-89 техникалық талаптарына сәйкес Т-2 маркалы мұнайлы техникалық тауарлық парафині [144] қолданылды.

Жасалған және қолданылған әдістерге және әдістемеге сәйкес, тауарлық парафиндерге негізде жасалған ЖАМ бастапқы әр түрлі фазадағы парафиндерді белгілі массалық үлесте араластыру арқылы алынды. Әр түрлі фазалық күйдегі парафиндерді және олардың фракцияларын араластыру 55-65°C температура аралығында шыны ыдыста араластырумен алынады.

Тауарлық әр түрлі фазалық күйдегі парафиндерді әртүрлі массалық үлесте араластыру арқылы алынған зертханалық зерттеулер үшін дайындалған үлгілер бойынша деректер 2.8 кестесінде келтірілген.

2.8 кесте - Жылуаккумуляциялаушы материалдардың зерттелетін құрамындағы парафиндердің үлестері

Бастапқы тауарлық парафин	Жылуаккумуляциялаушы материалдағы бастапқы парафиндердің массалық үлесі, массалардың %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СТП ТШ КОМП 2-760-16 сәйкес сұйық парафин	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
МЕСТ 23683-89 бойынша Т-2 маркалы қатты парафин	85	84	83	82	81	79	78	77	76	75

Зерттеулерді жалғастыру мақсатында 2.8-кесте мәліметтеріне сәйкес әрбір құрамнан 3 үлгі дайындалды. 2.2 бөлімде сипатталған әдістемеге сәйкес тиісті құрамдағы жылуаккумуляциялаушы материал үлгілерінің балқу температурасы анықталады. Балқу температурасының орташа мәні анықталып, қоршау конструкцияларының қажетті жұмыс температурасымен салыстырылады. Балқу температурасының тұрақтылығы бағаланады.

Қоршау конструкциясын пайдаланудағы жұмыстық температурасы аймағына сәйкес келетін материалдың балқу температурасы мәндері бойынша үшін үлгілер іріктеліп алынды. Іріктеп алынған үлгілерді сынау арқылы зерттеулердің келесі сатысында жасалған жылу аккумуляциялаушы материалдың жылутехникалық және пайдалану қасиеттері анықталды.

Зерттеудің 2.2 бөлімінде сипатталған әдістемені қолданумен жасалған жылуаккумуляциялаушы материалдың құрамы, жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттері зерттелді. Зерттеу нәтижелерінде алынған материалдың қасиеттері бойынша тиімді жылутехникалық қасиеттері бар композициялар анықталды. Зерттеудің соңғы кезеңінде жасалған ЖАМ-дың бірнеше эксплуатациялық қасиеттері зерттелді (қатты және сұйық фазалардың түзілуі; бірнеше қабаттарға бөлінуі, циклдер саны; ұзақмерзімділігі; тотығыға төзімділігі).

Зерттеудің соңғы кезеңінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдарға техникалық шарт дайындалды.

## 2.4.2 Жеке н-алкандардан және олардың араласпаларынан жылуаккумуляциялаушы материалдарды әзірлеу

Ғимараттың сыртқы қоршауларында ЖАМ ретінде жеке н-алкандар немесе олардың қоспаларын қолдануға болады. Бұл әдіспен жылуаккумуляциялаушы материалды алу үшін 2.9 кестеде келтірілген тауарлық әр түрлі фазадағы парафиндер құрамына кіретін  $C_{14}H_{30}$  және  $C_{21}H_{44}$ -ге дейінгі жеке н-алкандардың негізгі анықтамалық жылу техникалық қасиеттерін пайдаланамыз.

Кесте 2.9 –  $C_{14}H_{30}$ -дан  $C_{21}H_{44}$  – ге дейінгі жеке н-алкандардың негізгі жылу техникалық қасиеттері

н-алкан түрі	Молекулярлық масса	Температура, °С		Балқу мен фазалық ауысудың жалпы жылуы, Дж/г	Сұйық күйіндегі тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>
		Балқыу	Фазалық ауысу		
$C_{14}H_{30}$	198,2	5,9	-	205,2	712,7
$C_{15}H_{32}$	212,4	9,9	-2,3	206,8	719,2
$C_{16}H_{34}$	226,4	18,2	16,2	212,7	725,0
$C_{17}H_{36}$	240,5	21,7	10,5	212,7	730,0
$C_{18}H_{38}$	254,5	28,0	27,3	214,4	734,0
$C_{19}H_{40}$	268,5	32,0	22,8	214,4	739,0
$C_{20}H_{42}$	282,5	36,7	36,2	218,1	738,0
$C_{21}H_{44}$	296,6	40,3	32,5	219,8	746,8

2.9 кестеде көрсетілгендей жеке н-алкандардың балқу температурасы бойынша эксплуатациялық жағыдайға сәйкес н-алкандарды алуға болады.

Айта кету керек жеке н-алкандардың балқу энтальпиясы өзіне балқу энтальпиясын да, фазалық кристалдық күйге өту энтальпиясын да біріктіреді.

Жұп қатардағы жеке н-алкандар үшін анықталғандай жылуды сіңіру мен тарату жүретін 5-7°С температура, ал тақ қатардағы н-алкандар үшін – 8-11°С шектерінде жүркетіндігі анықталды.

Жеке н-алкандарды бір бірімен араластыру арқылы керекті балқу температуралы және 200 Дж/г жоғары жалпы энтальпиялы қоршау конструкцияларына жарамды жылуаккумуляциялаушы материалдарды алуға болады.

[159] еңбектің нәтижелері бір біріне жақын орналасқан фракциялы н-алкандарды араластыру тиімділігін көрсетті. Бұл кезде оларды арластыру арқылы алынған материалдардың балқу температурасының айырмашылығы аз болады. Мысалы, балқу температурасы 32°С  $C_{19}H_{40}$  жеке н-алкандарын, балқу температурасы 36,7°С және  $C_{20}H_{42}$  н-алкандарымен 33,1:66,9 қатынасында араластыру арқылы 35°С балқу температурасымен жылуаккумуляциялаушы материал алуға болады.

Н-алкандарды араластырушыны ыдыста 55-65°С температурада және композицияны мұқият араластыру арқылы дайындалады.

Әдістемеге сәйкес, тауарлық парафиндер негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материал бастапқы қатты және сұйық парафинді экстракциялау әдісімен алынған тиісті н-алкандардың әртүрлі массалық үлестерінде 2.1 бөлімде көрсетілген әдістеме бойынша араластыру арқылы алынды.

Жеке н-алкандарды әртүрлі массалық үлесте араластыру арқылы алынған және зертханалық зерттеулерге дайындалған ЖАМ үлгілері бойынша мәліметтер 2.10 кестеде келтірілген.

Кесте 2.10 – Жеке н-алкандарды араластыру арқылы алынған құрамдар

Құрамы	н-алкандар	Массалық үлесі, %
1	$C_{16}H_{34}$	73,0
	$C_{18}H_{36}$	27,0
2	$C_{16}H_{34}$	73,3
	$C_{18}H_{36}$	26,7
3	$C_{16}H_{34}$	73,7
	$C_{18}H_{36}$	26,3
4	$C_{16}H_{34}$	74,0
	$C_{18}H_{36}$	26,0
5	$C_{16}H_{34}$	74,3
	$C_{18}H_{36}$	25,7
6	$C_{16}H_{34}$	74,7
	$C_{18}H_{36}$	25,3
7	$C_{16}H_{34}$	75,0
	$C_{18}H_{36}$	25,0
8	$C_{16}H_{34}$	75,3
	$C_{18}H_{36}$	27,7

Зерттеудің бірінші кезеңінде 2.10 кестеге сәйкес бір құрамның үш үлгісі дайындалды. Тиісті құрамдағы жылуаккумуляциялаушы материал үлгілерінің балқу температуралары, сондай-ақ олардың орташа мәндері анықталады. Алынған мәліметтер қоршау конструкцияларын пайдаланудың қажетті температурасымен салыстырылды.

Балқу температурасының мәндеріне сәйкес олардың жылуфизикалық қасиеттерін одан әрі зерттеу үшін құрамдар таңдалды.

## 2.5 Энергетикалық белсенді панельдер мен гелиокамерада сыналатын материалдар үшін шикізаттық материалдар және зерттеу әдістері

Энергетикалық белсенді қоршау конструкцияларының жүк көтеретін бөлігінде МЕСТ 530-2012 [160] талаптарын қанағаттандыратын «Бөкей» ЖШС қыш зауытының стандарт қышы, шыныпакет ретінде МЕСТ 10667-90 [161] талаптарын қанағаттандыратын органикалық шыны қолданылды. Конструктивтік шешімдерге сәйкес конструкцияның жүк көтеретін бөлігі



күйдірілген қыштан, мөлдір шыны жабын ретінде органикалық шыныпакет пайдаланылып, екі қабатты шыныпакет жүк көтеру қабатынан екі ауа саңылауымен бөлінді. Бөлмедегі жинақталған жылуды кетіру үшін, жүк көтеретін қабатта кіріс және шығыс ауа арналары құрылған. Ал конструкцияның бетінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материал негізіндегі энергетикалық белсенді панель орналастырылған.

Гелиокамераларда дәстүрлі ауыр бетон үлгілері сыналды. Ауыр бетон үлгілерін әзірлеу үшін жергілікті материалдар қолданылды.

Атап айтқанда, МЕСТ 30178-85 [162] талаптарын қанағаттандыратын «Стандартцемент» зауытының М500 маркалы портландцементі, МЕСТ 8267-93 [163] талаптарын қанағаттандыратын «Оңтүстік құрылыс сервис» ЖШС қиыршық тасы, ҚР СТ 1217-2003 [164] талаптарын қанағаттандыратын құмы пайдаланылды.

Сусымалы материалдар массасы бойынша, ал су көлемі бойынша мөлшерленді. Бетон араласпасының сынамасын МЕСТ Р 10181-2014. [165] бойынша таңдап алдық, бетон, цемент және бетон араласпасы және бетон үлгілерін сынаудың әрбір түрі үшін жасалды және оларды нақты сынау түріне байланысты стандарт талаптарына сәйкес сақталды. Әзірленетін үлгілер саны нақты сынау әдісі үшін стандарт бойынша анықталды.

Бетон үлгілерінің бақылау және негізгі құрамды үлгілері гелиокамерада жылумен өңдеу арқылы қатайтылды.

Бетондардың құрамы МЕСТ 27006-86 [166] талаптарына сәйкес есептеліп, лабораториялық зерттеулер нәтижесінде реттелді.

Құрамы таңдалған бетон араласпалары негізінде МЕСТ 7473-2018 [167] «Бетон араласпасы» талаптарына сәйкес бақылау және зерттеу үлгілері қалыптанды.

Дайындалған үлгілердің орташа тығыздығы МЕСТ 12730.1-2020 [168] «Бетондар. Тығыздығын анықтау әдістері», беріктігі МЕСТ 10180-2012 [169] «Бетондар. Бақылау үлгілері бойынша беріктікті анықтау әлістері», сорбциялық ылғалдылығы МЕСТ 24816-2014 [170] сәйкес, сусіңіргіштігі МЕСТ 22730.3-2020 [171] талаптарына сәйкес анықталды.

### **Бөлім бойынша негізгі қорытындылар**

1. Парафиндер мен n-алкандардың негізінде қажетті жылуфизикалық және эксплуатациялық қасиеттеріне ие жылуаккумуляциялаушы материалды алудың екі әдісі негізделді және ұсынылды. Бірінші әдіс әр түрлі фазалық күйдегі парафиндерді белгілі қатынастарда араластыру арқылы ЖАМ алуға, екінші әдіс қажетті балқу температурасы және жоғары жалпы энтальпияға (200-225 Дж/г) ие бірнеше жеке n-алкандарды араластыру арқылы ЖАМ алуға негізделген.

2. Парафиндер негізінде жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамын, физика-химиялық, жылуфизикалық және пайдалану қасиеттерін зерттеу әдістемесі әзірленді, ол зерттеу міндеттерін толық көлемде орындауға және жұмыстың негізгі мақсатына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

3. Жұмыста бастапқы компонент ретінде МЕСТ 23683-89 сәйкес мұнай Т-2 маркалы қатты, техникалық парафин және СТП ТУ КОМП 2-760-16 сәйкес А маркалы сұйық пайдаланылып, LC-20 Prominence сұйық хроматографында және GCMS-QP2010Ultra газ масс-спектрометрінде газдыхроматографиялық талдау арқылы құрамдас бөліктерінің құрамы зерттелді. Зерттеу нәтижелерін салыстыру олардың СТП ТШ КОМП 2-760-16 [143] бойынша бастапқы сұйық парафиндерге және МЕСТ 23683-89 [144] бойынша Т-2 маркалы қатты парафинге қойылатын техникалық талаптарға сәйкестігін көрсетті.

4. Сұйық және қатты фазалық күйдегі парафиндерді, сондай-ақ жеке н-алкандарды араластыру арқылы қажетті балқу температурасына ие, және жоғары энтальпиялы жылуаккумуляциялаушы материалдар әзірленді. Олардың массалық үлестері анықталды және зертханалық зерттеулерге үлгілер дайындалды.

5. Ғимараттардың қоршау конструкциялары үшін балқу температурасы +25°C және балқу және фазалық ауысу энтальпиясы 200 Дж/г жоғары болатын жылуаккумуляциялаушы материалдары үшін «ЖАМ-25 маркалы тауарлық парафиндер негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материал» СТ 2425-1958-01-ГП-007-2023 ұйым стандарты әзірленді.

### **III ПАРАФИН НЕГІЗІНДЕ ӘЗІРЛЕНГЕН ЖЫЛУАККУМУЛЯЦИЯЛАУШЫ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ФИЗИКО-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЖЫЛУФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ**

Диссертациялық жұмыстың екінші бөлімінде ғимараттардың қоршау конструкциялары үшін балқу температурасы 25<sup>0</sup>С-қа дейінгі тауарлы парафиндерден жылуаккумуляциялаушы материалдар дайындалды. Қажетті жылуфизикалық және эксплуатациялық қасиеттері бар парафиндер мен n-алкандар негізінде дайындалған жылуаккумуляциялаушы материалдарды алудың екі әдісі ұсынылды және негізделді. Бірінші әдіс сұйық және қатты тауарлы парафиндерді түрлі арақатынаста араластыруға негізделген. Екінші әдіс n-алкандардың бір-біріне жақын және балқу температурасы қажетті температураға жақын орналасқан фракцияларын араластыру арқылы қажетті балқу және фазалық ауысу температурасы мен жоғары жалпы энтальпияларына ие материал алуға негізделген.

Зерттеудің алғашқы кезеңінде жылуаккумуляциялаушы материалдың әр құрамынан үш үлгі дайындалды. Ұсынылған әдістемеге сәйкес таңдап алынған құрамдағы жылуаккумуляциялаушы материал үлгілерінің балқу температурасы және олардың орташа мәндері анықталды. Алынған нәтижелер қоршау конструкцияларының пайдалану температурасымен салыстырылып, ЖАМ балқу температурасының тұрақтылығы бағаланды.

Балқу температурасының мәндеріне сәйкес жылуфизикалық қасиеттерін одан әрі зерттеу үшін жылуаккумуляциялаушы материал құрамдары таңдалды.

#### **3.1 Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамдас құрамын мен физико-химиялық қасиеттері зерттеу**

Жұмыстың бұл кезеңінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдың физико-химиялық және жылуфизикалық қасиеттеріне зерттеулер жүргізілді. Бірінші кезеңде материалдың бақу және фазалық ауысуы температурасы мен оның жылусыйымдылығы анықталды, сонымен қатар пайдалану кезіндегі осы қасиеттердің тұрақтылығы зерттелді.

Осы жұмыстың екінші кезеңінде әдістемеге сәйкес әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың негізгі қасиеттеріне зерттеулер жүргізілуі егжей-тегжейлі сипатталған. Қажетті қасиеттері бар материалдарды алу әдістері және фракцияларды еріткіштермен біртіндеп экстракциялау негізінде, тауарлы парафиннен n-алкандардың жақын фракцияларын бөліп алу әдістері көрсетілген.

Қатты және сұйық тауарлы парафиндерді араластыру арқылы (ЖАМ-25-3) және бір-біріне жақын фракциядағы жеке n-алкандарды араластыру арқылы алынған (ЖАМ-25-1, ЖАМ-25-2) қажетті балқу және фазалық ауысу температурасына (25<sup>0</sup>С) ие фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы

материалдары қарастырылды. Әрбір әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдан 3 үлгіден сыналды.

Қатты парафиндердің нақты фракциялық құрамдары GCMS-QP2010 Ultra газ масс-спектрометірінде газдыхроматографиялық талдау арқылы, ал сұйық парафиндердің құрамы М.Әуезов атындағы ОҚУ «Конструкциялық және биохимиялық материалдар» инженерлік бейіндегі өңірлік сынақ зертханасының базасында LC-20P (Жапония) сұйық хроматографында анықталады. Газдыхроматографиялық талдаулар нәтижелері 3.1, 3.2 және 3.3 кестелерінде келтірілген.

3.1 кесте – ЖАМ-25-1 компоненттік құрамы (Қосымша 2).

н-алкандар	Мәндер, %		
	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3
C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	0,95	0,94	0,93
C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	42,9	42,8	43,9
C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	52,7	52,8	52,7
C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	0,83	0,86	0,83
Судың массалық үлесі, артық емес, %	0,1	0,1	0,1
НСІ қайта есептегендегі қышқылдың массалық үлесі, артық емес, %	0,04	0,04	0,04
Қатты қоспалардың массалық үлесі, %, артық емес	0,05	0,05	0,05
Қаныққан көмірсутектердің массалық үлесі, %, артық емес	97,37	97,4	97,38

3.2 кесте – ЖАМ-25-2 компоненттік құрамы (Қосымша 2).

н-алкандар	Мәндер, %		
	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3
C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	0,95	0,96	0,95
C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	43,3	43,14	43,3
C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	2,71	2,36	2,62
C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	50,8	50,61	50,59
Судың массалық үлесі, артық емес, %	0,1	0,1	0,1
НСІ қайта есептегендегі қышқылдың массалық үлесі, артық емес, %	0,04	0,04	0,04
Қатты қоспалардың массалық үлесі, %, артық емес	0,05	0,05	0,05
Қаныққан көмірсутектердің массалық үлесі, %, артық емес	97,86	97,02	97,46

3.3 кесте – ЖАМ-25-3 компоненттік құрамы (Қосымша 2).

н-алкандар	Мәндер, %		
	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	3,26	3,25	3,28
C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	8,14	8,11	8,12
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	11,4	11,5	11,6
C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	13,6	13,4	13,3
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	13,5	13,4	13,5
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	10,2	10,2	10,3
C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	7,3	7,1	7,1
C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	5,4	5,5	5,6

C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	5,5	5,6	5,4
C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	2,3	2,2	2,3
C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	1,15	1,16	1,16
C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	1,13	1,17	1,16
C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	1,65	1,66	1,67
C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	3,12	3,12	3,13
C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	1,6	1,7	1,7
C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	0,8	0,7	0,8
C <sub>26</sub> H <sub>54</sub>	0,7	0,7	0,7
C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	іздер	іздер	іздер
Судың массалық үлесі, артық емес, %	0,1	0,1	0,1
НСІ қайта есептегендегі қышқылдың массалық үлесі, артық емес, %	0,04	0,04	0,04
Қатты қоспалардың массалық үлесі, %, артық емес	0,05	0,05	0,05
Қанықпаған көмірсутектердің массалық үлесі, %, артық емес	90,45	90,36	90,39

3.1, 3.2 және 3.3 кестелерде көрсетілген газдыхроматографиялық зерттеудеректерін салыстыру қатты және сұйық парафиндерді араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-3 жылуаккумуляциялаушы материалының фракциялық құрамы кеңірек екенін көрсетеді.

Талдаулар әзірленген ЖАМ-25 жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамында қышқыл және сілтілі компоненттері жоқ, сондықтан коррозиялық әсер тудырмайтынын және олардың құрамындағы күкірт мөлшері салмағы бойынша 0,0002%-дан аспайтынын көрсетті.

Жұмыстың мақсаты мен міндеттеріне сәйкес фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарының маңызды жылуфизикалық сипаттамалары балқу және фазалық ауысу температурасы болып табылады.

Айта кету керек, n-алкандар (ЖАМ-25-1 мен ЖАМ-25-2) немесе парафиндерінің араласпалары (ЖАМ-25-3) негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдар үшін жеке компоненттердің балқу температурасы бойынша есептік әдіспен араласпаның балқу температурасын анықтауға болмайды. Кейде ол орташа арифметикалық шамадан біршама төмен, кейде жоғарыда болуы мүмкін. Егер жылуаккумуляциялаушы материалдың жеке компоненттердің балқу температурасындағы айырмашылық 10°C құраса, балқу температурасы орташа арифметикалық мәнге жақын болады, ал егер айырмашылық 25°C-тан жоғары болса, онда орташа арифметикалық шамадан көп ауытқу байқалады.

3.4, 3.5 және 3.6 кесте келтірілген мәліметтерге сәйкес ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 жеке n-алкандарды араластырумен алынған материалдарының балқу және фазалық ауысу температуралары тұрақты мәндерге ие екендігі анықталды. Алынған жылу аккумуляциялаушы материал композитті болғаннан соң оның балқу температурасы мен фазалық ауысу температурасы арасында айырма күтілуде. Тәжірибелік сынақтардан алынған нәтижелерге сүйенсек бұл температуралар арасындағы айырма ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 үшін 3-4°C, ал ЖАМ-25-3 үшін 7-9°C құрады. ЖАМ-25-3 балқу және фазалық

ауысу температуралары арасындағы айырманың жоғары болуы, алынған материал кең фракциялық құраммен құралғанымен түсіндірілді.

Жылуаккумуляциялаушы материалды таңдауда оларды қыздыру кезінде жылуды сіңіруі және салқындату кезінде жылуды бөлу температурасы интервалдарының осындай айырмашылығын ескере отырып, балқу температурасы пайдалану температурасына сәйкес келетін етіп таңдау қажет. [172] стандарт талаптарына сәйкес ғимараттардың қоршау конструкциялары үшін жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу температурасы ғимараттың ішкі ауа температурасының рұқсат етілген және ұсынылған мәндеріне  $\pm (5-7)^\circ\text{C}$  шамалас болуы керек.

Өзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқыған күйдегі тығыздығы МЕСТ 3900-85 [154], ал кинематикалық тұтқырлығы МЕСТ 33-2000 [155] сәйкес анықталады.

Өзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың физико-химиялық қасиеттерінің нәтижелері 3.4, 3.5 және 3.5 кестелерде келтірілген.

3.4 кесте – ЖАМ-25-1 жылутехникалық қасиеттері

Көрсеткіштің атауы	Мәндері		
	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3
Балқу температурасы, $^\circ\text{C}$	23-25	23-25	23-24
Балқу мен фазалық ауысудың температуралық шектері, $^\circ\text{C}$	3-4	3-4	3-4
Тығыздығы, $\text{г/см}^3$	0,79	0,78	0,78
Қайнау температурасы, $^\circ\text{C}$			
басы:	243	241	242
соңы	314	313	313

3.5 кесте – ЖАМ-25-2 жылутехникалық қасиеттері

Көрсеткіштің атауы	Мәндері		
	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3
Балқу температурасы, $^\circ\text{C}$	24-26	24-25	24-26
Балқу мен фазалық ауысудың температуралық шектері, $^\circ\text{C}$	3-4	3-4	3-4
Тығыздығы, $\text{г/см}^3$	0,80	0,81	0,81
Қайнау температурасы, $^\circ\text{C}$			
басы:	244	243	244
соңы	314	313	315

3.6 кесте – ЖАМ-25-жылутехникалық қасиеттері

Көрсеткіштің атауы	Мәндері		
	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3
Балқу температурасы, $^\circ\text{C}$	22-26	22-25	23-26
Балқу мен фазалық ауысудың температуралық шектері, $^\circ\text{C}$	7-9	7-8	7-9
Тығыздығы, $\text{г/см}^3$	0,79	0,78	0,79
Қайнау температурасы, $^\circ\text{C}$			
басы:	186	188	188
соңы	320	321	321

### 3.2. Жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу және фазалық ауысу энтальпияларын лабораториялық зерттеу

Балқудан кристалдану және кері фазалық күйге ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарға [173] жұмысқа сәйкес келесі талаптар қойлады:

- балқу температурасы қажетті эксплуатациялық температураға сай болуы;
- жылуаккумуляциялаушы материалдардың бір күйден екінші күйге ауысудағы кристалдық фазалық күйдегі энтальпиясының максималды мәні;
- балқу мен фазалық ауысу температуралары арасындағы айырманың тұрақты және минималды болуы.

ЖАМ-дарға қойылатын талаптарға сүйене (балқу температурасы және фазалық ауысудағы жоғары энтальпия мәні) n-алкандардың жеке фракцияларын араластыру арқылы ЖАМ-25-1 мен ЖАМ-25-2, сонымен бірге тауарлық сұйық және қатты парафиндерді араластыру арқылы ЖАМ-25-3 жылуаккумуляциялаушы материалдары әзірленді.

[174] еңбектің мәліметтеріне сүйенсек балқу және фазалық ауысу температураларының айырмашылығы аз жылуаккумуляциялаушы материалдарды алу үшін, бір-біріне жақын n-алкандар фракцияларын араластыру керек. Дегенмен, бұл жағдайда балқу және фазалық ауысу температурасы, n-алкан араласпаларының балқу энтальпиялары жеке компоненттер энтальпияларының орташа мәні емес екенін есте ұстан дұрыс.

Сондай-ақ, қажетті қасиеттері бар жылуаккумуляциялаушы материалдарды алу үшін көмірсутектердің көп компоненттерін қолдану қатты күйдегі балқу және фазалық ауысу энтальпияларының, сонымен қатар жалпы энтальпиялардың кемуіне әкеледі.

Егер ЖАМ-ды алуда қатты фазадағы парафиндер алынса онда жылу техникалық қасиеттерінде оның кристалдану және фазалық ауысудағы жылуы қолданылады. Қатты фазадағы парафиндерде, [175] еңбекте көрсетілгендей, екі фазалық ауысуы болатындығы айтылған: кристалдық күйде жылуды бөлу және сіңіру арқылы, сонымен бірге балқу мен булану кезінде жылуды сіңіру мен бөлу арқылы. Қатты парафиндерді қыздырған кезінде кристалды күйдегі фазалық өзгерістер жүреді, нәтижесінде оның жылу сыйымдылығы артып, ал жоғары температураға жеткенде парафин балқиды да, оның жылу сыйымдылығы қайтадан күрт жоғарылайды.

Кристалдық күйден фазалық (сұйыққа) ауысқанға дейін және балқыған күйдегі парафиндердің жылу сыйымдылығы температура өскен сайын бір келкі түрде өседі.

Жалпы түрде парафиндердің балқу температурасы олардың жылу сыйымдылығына аз әсер тигізеді. Қатты фазалық күйдегі парафиндердің жылу сыйымдылығы сұйық фазалық күйдегі жылу сыйымдылық шамасындай болады.

Сонда мұнай және мұнай өнімдері қалдықтарынан алынған әр түрлі фазадағы (сұйық және қатты) парафиндерді белгілі бір қатынастарда араластыру арқылы балқу температурасы 20-25°C шектеріндегі ЖАМ-ды жасауға болатыны анық. Бірақ ескеру қажет егер ЖАМ-ды алуда физикалық және жылу техникалық қасиеттерінде айырмашылықтары көп компоненттер қолданылса онда балқу температурасы тұрақсыз ал энтальпиясы таза н-алкандарды араластырумен алынған жылу аккумуляциялаушы материалдың қасиеттерімен салыстырғанда төмен болатыны айқын. Бұл кезде жылу аккумуляциялаушы материалдарды құрайтын компоненттер құрамына байланысты балқу және фазалық ауысу температуралар арасындағы үлкен температуралық айырманы күтуге болады.

Бұл жерде жеке н-алкандар, олардың араласпалары, сонымен бірге тауарлы парафиндер мен олардың фракциялары үшін анықталған балқу энтальпиясы, олардың өздерінің балқу энтальпиясы мен кристалдық күйдегі фазалық ауысу энтальпиясын қамтитынын атап өту керек. Сондай-ақ, кристалдық күйдегі балқу температурасы мен фазалық ауысу температурасының арасындағы айырма жұп қатардағы н-алкандарда 0,5-1,5°C, ал тақ қатардағы н-алкандарда -8-11°C құрады.

Жұмыс нәтижесінде алынған ЖАМ-25-1, ЖАМ-25-2 және ЖАМ-25-3 жылу аккумуляциялаушы материалдардың температуралық және энтальпияларының сипаты 3.7-кестеде келтірілген (Дж/г).

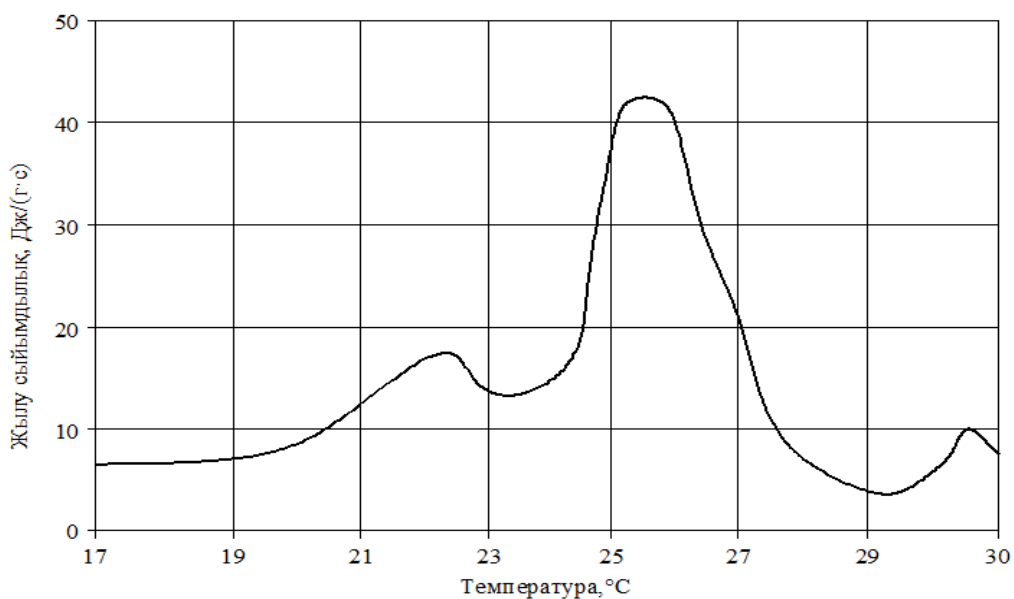
3.7 кесте – Әзірленген жылу аккумуляциялаушы материалдардың балқу және фазалық ауысу энтальпиялары

Параметрлері	ЖАМ-25-1	ЖАМ-25-2	ЖАМ-25-3
Жуков бойынша балқу температурасы, °C	23-25	24-25	22-29
Молекулярлық массасы	247,76	247,79	242,3
Балқу энтальпиясы $\Delta H_{\text{бал}}$ , Дж/г	169,1	170,9	160,8
Фазалық ауысу энтальпиясы $\Delta H_{\text{фаз}}$ , Дж/г	36,0	35,2	21,3
Балқу және фазалық ауысу энтальпияларының қосындысы $\Delta H_{\text{бал}}$ , $\Delta H_{\text{фаз}}$ , Дж/г	205,1	206,1	182,1

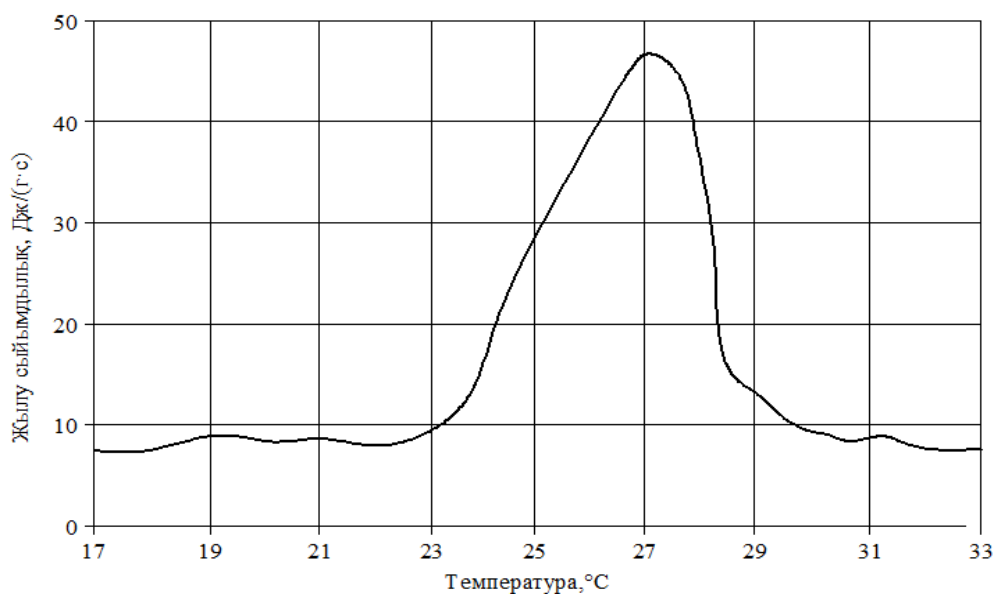
3.7 кесте мәліметтерінен ЖАМ-25-1 мен ЖАМ-25-2 балқу мен фазалық ауысу жылулары қосындыларының жоғары мәніне ие екені көрінеді (205,1-тен 206,1 Дж/г дейін). 3.7-кестеден көріп отырғанымыздай ЖАМ-25-3 әзірлеу кезінде әр түрлі фазалық күйдегі парафиндерді араластыру балқу энтальпиясының, кристалдық күйдегі фазалық ауысу энтальпиясымен жалпы энтальпияның (олардың қосындысының) төмендеуіне алып келеді. ЖАМ араласпасын дайындауда көп компоненттерді қолдану энтальпия мөлшерін төмендетеді. Демек, ЖАМ әзірлеу кезінде көмірсутектердің неғұрлым кең фракциялық құрамы қолданылса, балқу энтальпиясы соғұрлым төмен болып, балқу соғұрлым кең температуралық интервалда жүруі мүмкін.



Жеке n-алкандардың жақын фракцияларын араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 мен ЖАМ-25-2 жылусыйымдылығының өзгеру графиктері 3.1-суретке сәйкес келтірілген.



а



б

а – ЖАМ-25-1, б – ЖАМ-25-2

Сурет 3.1 – ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 температураның жылу сыйымдылығына тәуелділігі, Дж/г

3.1 суретте көрсетілген температурада ЖАМ-25-1 мен ЖАМ-25-2 жылусыйымдылықтарының өзгеру графиктері жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылу сыйымдылығы әр түрлі температурадағы балқу мен фазалық өзгерістерге байланысты өзгереді, сондай-ақ

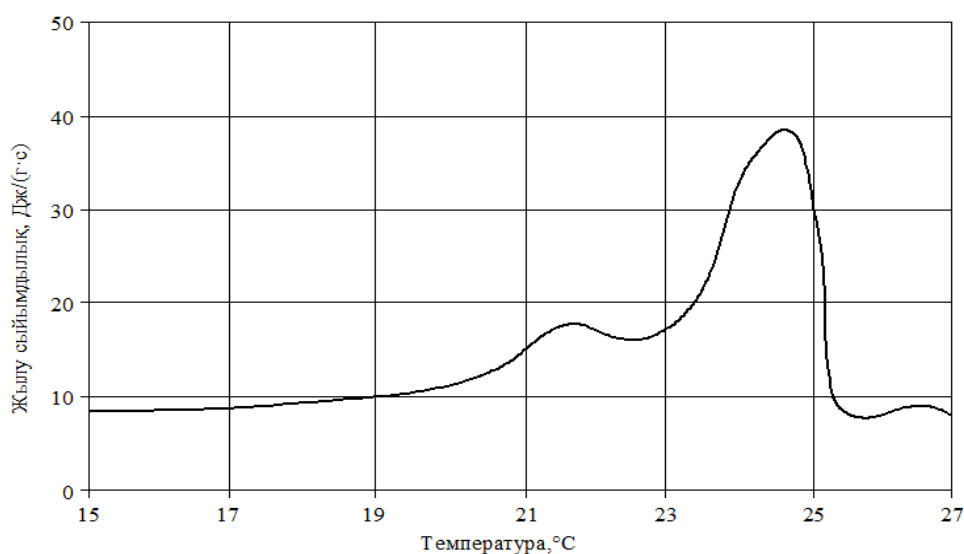
жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқуы белгілі бір температура аралығында жүретінін көрсетеді.

Әр түрлі фазадағы парафиндерді араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-3 газдыхроматографиялық құрамы 6-дан астам жеке н-алкандардан тұратын салыстырмалы түрде тар фракциялардан тұратын араласпа екенін көрсетеді.

Осыған байланысты сұйық және қатты тауарлы парафиндерді араластырып алынған ЖАМ-да жеке н-алкандарды араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 мен ЖАМ-25-2-мен салыстырғанда балқу энтальпиялары төмен болады. Молекулалық массасының орташа мәні 240,0-242,0 аралығында болатын әр түрлі фазадағы (сұйық және қатты) тауарлы парафиндерді араластыру арқылы алынған жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу энтальпиясы сәйкесінше 158,0-ден 162,0 Дж/г, ал кристалдық күйдегі фазалық ауысу энтальпиясы 19,3-тен 20,03 Дж/г-тең болады. ЖАМ-25-3-те балқу және фазалық ауысу энтальпиясының төмендеуі олардағы н-алкандар үлесінің төмен болуымен және н-алкандарға жатпайтын қоспалардың (массасының 7,8-%) көбейуімен түсіндіріледі. н-алкандар қатарына кірмейтін көмірсутектердің және жылуаккумуляциялаушы материалды қолдану жағдайында кристалданбайтын көмірсутектердің болуы, сондай-ақ қатты және сұйық парафиндер кең фракциялық құрамын қолдану зерттелетін ЖАМ-дың жалпы энтальпияларын айтарлықтай азайтады.

Зертханалық зерттеулер нәтижесінде н-алкандар, әр түрлі фазадағы парафиндерді араластыру арқылы алынған жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқуы мен фазалық ауысуы кезінде жылу шығарудың басталу және аяқталу температураларының үлкен айырмашылығы байқалады.

Сұйық және қатты парафинді араластыру нәтижесінде алынған ЖАМ-25-3 жылусыйымдылығының температураға тәуелділігі 3.2-суретте көрсетілген.



Сурет 3.2 – ЖАМ-25-3 жылусыйымдылығының температураға тәуелділік сызбасы

3.2 суреттен ЖАМ-25-3-тің жылусыйымдылығының температураға тәуелділігі тәуелділіктің салыстырмалы түрде күрделі сипатқа ие екендігі және кристалдану және фазалық ауысу кезінде жылу шығару шындырының болатынын көрсетеді. Жылу эффектінің жиынтық мәні жоғарыда қарастырылған ЖАМ-25-1 мен ЖАМ-25-2 (н-алкандар араласпалары) материалдарымен салыстырғанда айтарлықтай төмен, бұл қатты тауарлық парафиндердің химиялық құрамы н-алкандарымен салыстырғанда күрделілі болуымен түсіндіріледі.

Қорыта келе, зерттеулер нәтижесі парафиндер негізінде жасалған жылуаккумуляциялаушы материалдардың кристалдық күйіндегі жалпы энтальпиялары келесі факторларға тәуелді екенін анықтады:

- материал құрамындағы көмірсутектердің фракциялық құрамы мен н-алкандардың тазалығына: ЖАМ құрамындағы көмірсутектердің фракциялық құрамы неғұрылым кең болса, жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу энтальпиясы соғұрылым төмен болады. Керісінше, ЖАМ құрамында н-алкандар көп болған сайын, энтальпия мәні соғұрылым жоғары болады;

- ЖАМ-ның фракциялық құрамына. Материалды құрайтын компоненттердің саны көп болған сайын балқу температурасының өсуіне әкеледі, оның себебінен жалпы энтальпия да өседі;

- ЖАМ құрамындағы жұп және тақ н-алкандар саны мен олардың арақатынасына: жұп қатардағы н-алкандар мөлшерінің артуы балқу және фазалық ауысу энтальпияларының қосындысын арттырады.

### **3.3 Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың температураға байланысты кристалдануы және балқуы кезінде кеңеюі әсерінен шөгу процесін зерттеу**

Жабық көлемде жұмыс істейтін фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдардың маңызды қасиеттерінің фазалық ауысу кезінде материалдың шөгуі болып табылады.

Кристалданған күйдегі тауарлық парафиндер қатты масса болып, олар әртүрлі жылуаккумуляциялаушы құрылғыларды немесе құрылымдық элементтерді толтырған кезде, парафиннің балқуы есебінен көлемі ұлғаяды. Жылуаккумуляциялаушы материалдың әртүрлі кеңеюі геометриялық жабық жылу батареясында қысымның жоғарылауына әкелуі мүмкін. [175-178] еңбектердің нәтижелеріне сүйенсек тауарлық парафиндерге негізде алынған жылуаккумуляциялаушы материалдар қабаты бар жылу жинағыштағы қысымның жоғарылауы 10-50 МПа жетуі мүмкін. Сонымен қатар, жылу жинақтайтын құрылғыдағы немесе құрылымындағы қысымның жоғарылауы ЖАМ-дың балқу температурасының бірнеше градусқа көтерілуіне әкелетіні атап өтілген [179]. Осыған байланысты, жинақтау құрылғылары үшін жылуаккумуляциялаушы материалдарды таңдау және қатты күйде толтыру кезінде және материалдың кейіннен балқуы,

жылуаккумуляциялаушы материалдарды процесі шөгуін бағалау қажеттілігі туындайды.

Зерттеуді жүргізудің таңдалған әдістемесіне сәйкес бірінші кезеңде жеке н-алкандарды араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 мен ЖАМ-25-2 жылуаккумуляциялаушы материалдардың шөгуі қарастырылды.

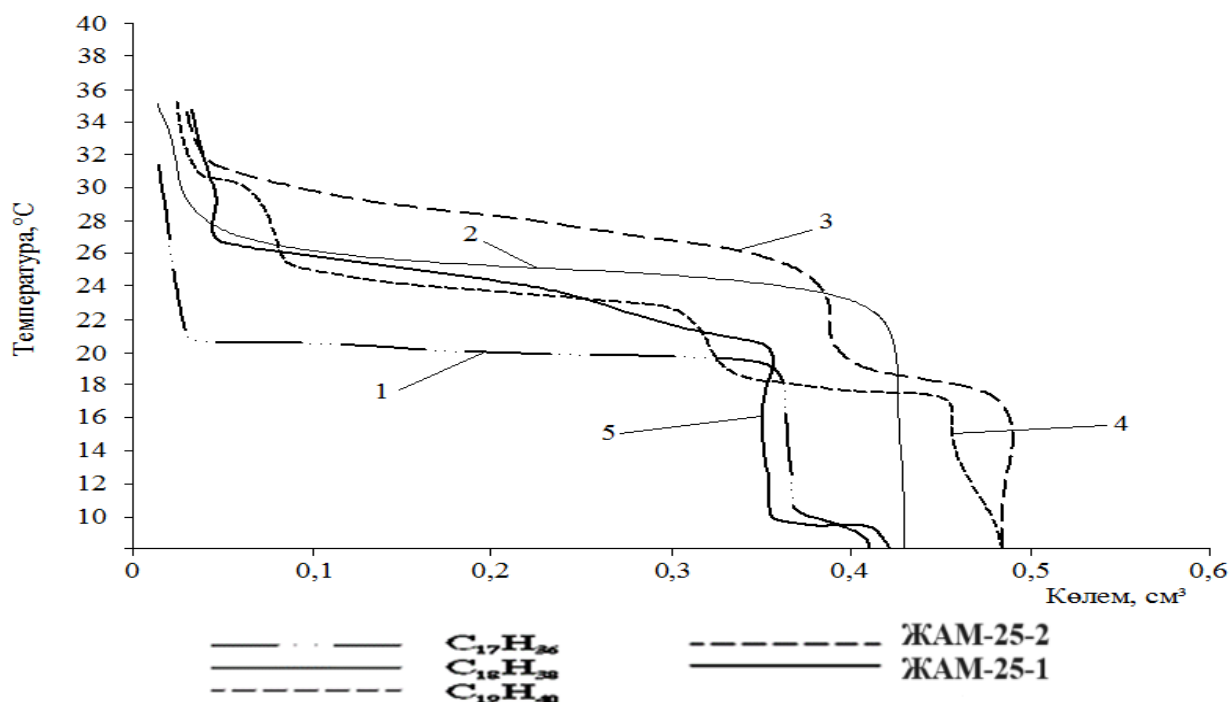
Осы жұмыстың 2-ші бөлімінде сипатталған әдістеме бойынша парафин араласпалары мен жеке н-алкандардың шөуі шынылы диалометрде анықталды.

Жеке н-алкандар негізіндегі ЖАМ-25-1, ЖАМ-25-2 көлемінің температураға байланысты өзгеру графиктері 3.3-суретте көрсетілген.

$C_{16}H_{34}$  пен  $C_{18}H_{38}$  жұп жеке н-алкандары алдымен гексогоналды симметриялы кристалдарға айналып, одан әрі қарай кристалдық күйдегі фазалық ауысу кезінде тұрақты ромбтық симметриялы кристалдарға айналады. Бұл жылуаккумуляциялаушы материалдардың жалпы шөгуі сәйкесінше көлемінің 14,1 және 15,2% құрайды.

$C_{17}H_{36}$  және  $C_{19}H_{40}$  тақ жеке н-алкандарының кристалдануы екі кезеңде жүреді: 1) тұрақсыз жоғары температуралы гексагоналды симметрия тобының кристалдары түзіледі; 2) кристалдар суытылған кезде кристалды фазалық күйге ауысып, тұрақты, төмен температуралы ромбтық симметрия бар тобының кристалдары құралады.

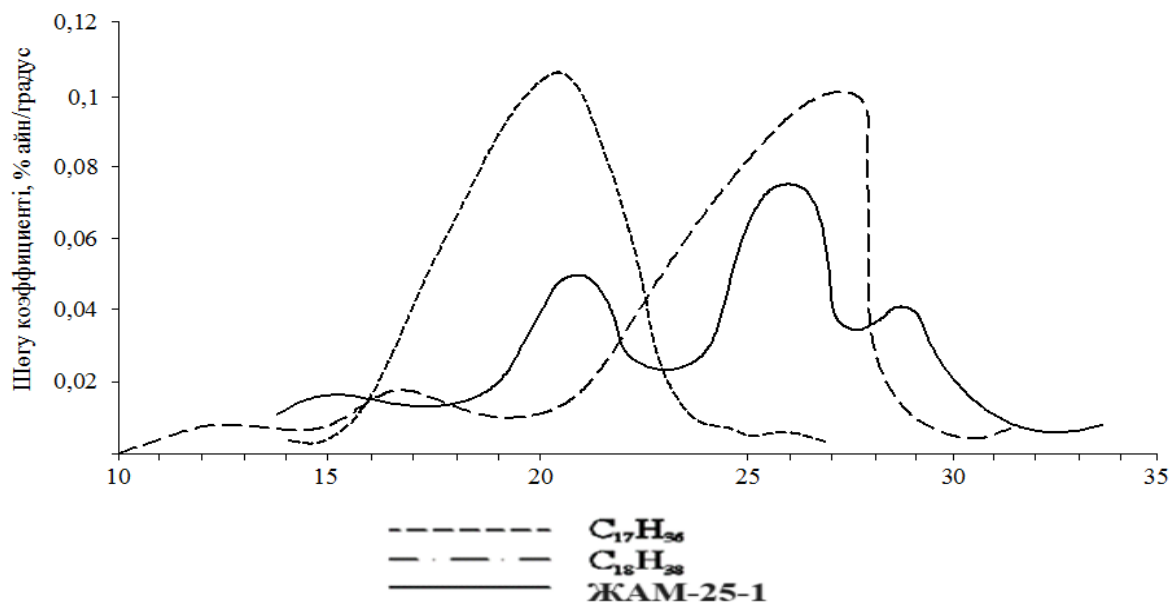
ЖАМ-ның кристалдану және фазалық ауысу кезіндегі шөгудің жалпы үлесі жалпы көлемнің 13,8...14,4% бөлігін құрайды. Айта кету керек тақ қатардағы н-алкандар үшін фазалардың ауысуы кезінде шөгу жалпы шөгу көлемінің 21,2-22,4% құрағаны анықталды.



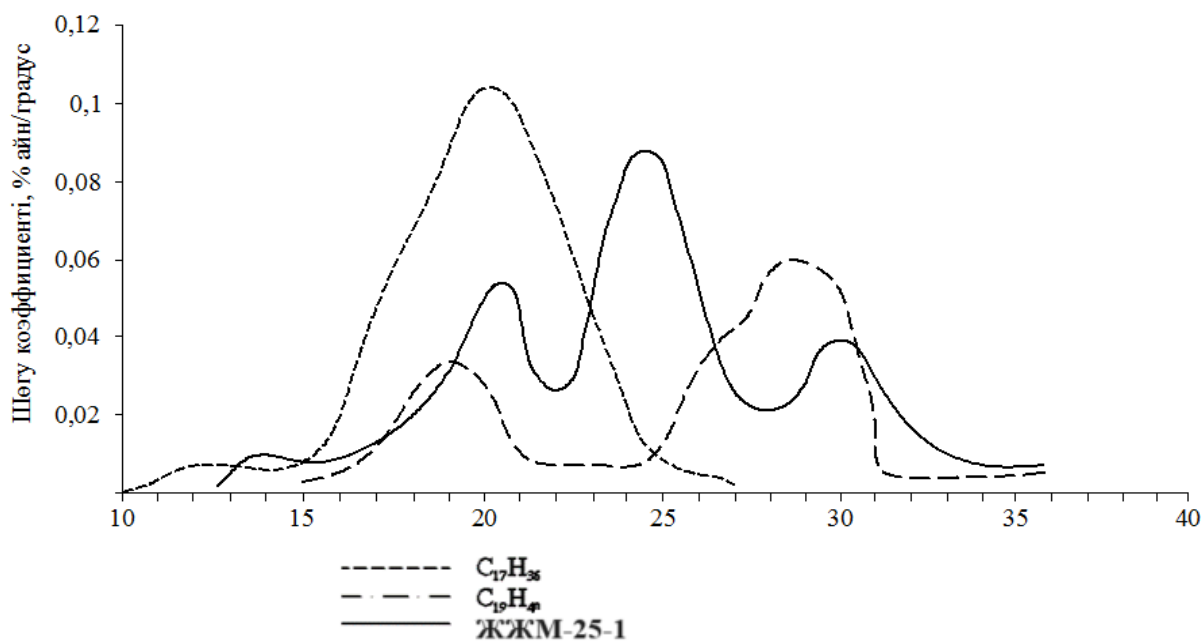
Сурет 3.3 – Н-алкандар мен ЖАМ-25 көлемінің температураға тәуелді өзгеруінің графигі

Зерттеудің келесі кезеңінде материалдың шөгуі жайлы анық бейне алу үшін, нәтижелер шөгудің  $\Delta V/\Delta t$  температураға тәуелділік қисығында бейнеленді.

Компоненттер ретінде алынған жеке н-алкандардың шөгуімен салыстырғанда н-алкандардың әртүрлі арақатынастарында араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 мен ЖАМ-25-2 шөгу коэффициентінің тәуелділігі келесі 3.4 және 3.5 суреттерде келтірілген.



Сурет 3.4 – Жеке н-алкандардың шөгу коэффициенттерінің және ЖАМ-25-1, температураға тәуелділігінің графигі



Сурет 3.5 – Жеке н-алкандар мен ЖАМ-25-2 шөгу коэффициентінің температураға тәуелділігінің графигі

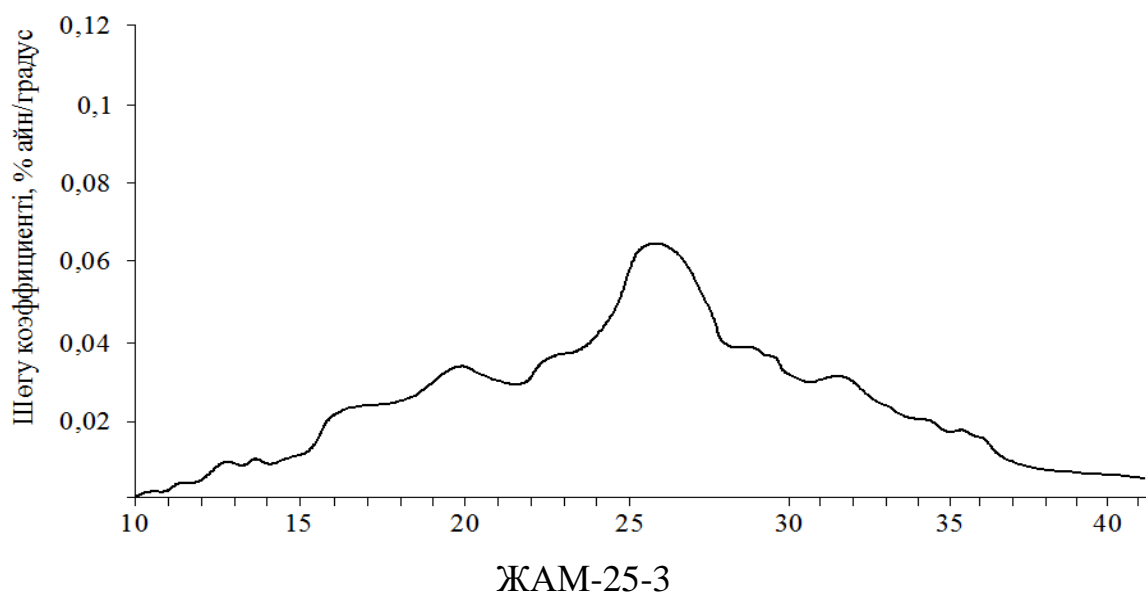
3.4 суретте көрсетілген негізінен  $C_{17}H_{36}$  және  $C_{18}H_{38}$  н-алкандарды араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 жылуаккумуляциялаушы материалының шөгу коэффициентінің температураға тәуелділігінің сызбасында тақ ( $C_{17}H_{36}$ ) және жұп ( $C_{20}H_{40}$ ) н-алкандар араласпасы кристалданғандағы шөгу тәуелділігіне ұқсас екі шөгу шыңы бар, ал осы жеке н-алкандарды араластыру нәтижесінде алынған ЖАМ-25-1 төрт шөгу шыңына ие. Кристалдану мен фазалық ауысу кезіндегі шөгуі көлемнің 9,56% құрайды.

3.5-суреттегі сызбаны 3.4-суретпен салыстыру сәйкес екі тақ  $C_{17}H_{36}$  және  $C_{19}H_{40}$  н-алкандарды араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-2 шөгуінің температураға тәуелділігі, жеке н-алкандарының екі шөгу шыңы және ЖАМ-25-2 төрт шөгу шыңы болатынын көрсетеді. Бұл араласпаның шөгу мөлшері ЖАМ-25-2 үшін көлемнің 10,01%-ды құрады.

Бұл жеке н-алкандардың араласпасы үшін шөгу процестерінің шекаралары бастапқы жеке н-алкандармен салыстырғанда кеңейгенін көрсетеді.

Зерттеудің екінші кезеңінде тауарлық қатты және сұйық парафиндерді араластыру негізінде алынған ЖАМ-25-3 жылуаккумуляциялаушы материалының шөгуі зерттелді. Сұйық күйдегі парафиндер мен н-алкандар салыстырмалы тығыздығы  $750-800 \text{ кг/м}^3$  шамасында тұтқырлығы төмен мөлдір сұйықтықтар болып табылады. Шөгуіне байланысты кристалл күйіндегі парафиндер мен н-алкандар тығыздығы  $860-900 \text{ кг/м}^3$  болатын қатты заттар болып табылады [180-182].

3.6суретте тауарлы әр түрлі фазалық күйдегі парафиндерді араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-3 жылуаккумуляциялаушы материалдың шөгу графигі келтірілген.



Сурет 3.6 – Тауарлы әр түрлі фазалық күйдегі парафиндерді араластырумен алынған ЖАМ-25-3 материалдың шөгу коэффициентінің температураға тәуелділігі

3.6 суреттің графигін сәйкес жеке н-алкандардың шөгуінің температураға тәуелділік графиктерімен салыстырғанда (3.2 және 3.3-суреттер) ЖАМ-25-3-те шөгудің төрт негізгі шыңы болатынын көрсетеді. Бұл жылуаккумуляциялаушы материалдарды 25°C салқындату кезінде бір уақытта бірқатар көмірсутектер кристалданатындығына байланысты. ЖАМ-25-3 жылулық эффектiнiң жалпы мәнi, балқу температурасы сондай болатын жеке н-алкандарының араласпасынан айтарлықтай төмен болатынын атап өту қажет.

Бұл тауарлық парафиннің химиялық құрамы күрделі болатынын, яғни олардың құрамында н-алкандармен қатар көмірсутектердің басқа топтары болатынын, бұл көмірсутектердің жеке н-алкандарымен салыстырғанда балқу температурасы айтарлықтай төмен болатынымен түсіндіріледі. Оған қоса бұл көмірсутектердің белгілі бөлігі салқындаған кезде қатты кристалдық масса түзіп кристалданбауы мүмкін. ЖАМ-25-3 үшін кристалдану кезіндегі шөгуі көлемнің 9,02%, кристалдық күйден фазалық ауысудағы шөгуі көлемнің – 0,77%, ал жалпы шөгу көлемні 9,79% құрайды.

Зерттеулер нәтижесі ЖАМ-25-3 жылу аккумуляциялаушы материалында әртүрлі көмірсутектердің фракциялық компонентерінің көп болуы материалдың шөгуін жалпы көлемнен айтарлықтай өсіретінін көрсетті. Фазалық ауысу кезінде шөгу өзгермейді, бірақ материалдың балқуы кезінде ол кішкене азаяды деген қорытынды жасауға болады.

ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 н-алкандарын араластыру арқылы алынған жылуаккумуляциялаушы материал мен ЖАМ-25-3 әр түрлі фазалық күйдегі парафиндерді белгілі бір қатынаста араластыру негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың шөгуі бойынша алынған зертханалық сынау нәтижелерін салыстыру ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2-нің шөгу мәндері ЖАМ-25-3-ке қарағанда жоғары болғанын көрсетеді.

Осыдан жылуаккумуляциялаушы материалдардың фракциялық құрамының кең болуы фазалық ауысуы кезінде шөгуге әсер етпейді, ал балқу кезінде олардың шөгуіне азғана әсер етеді деген қорытынды жасалады.

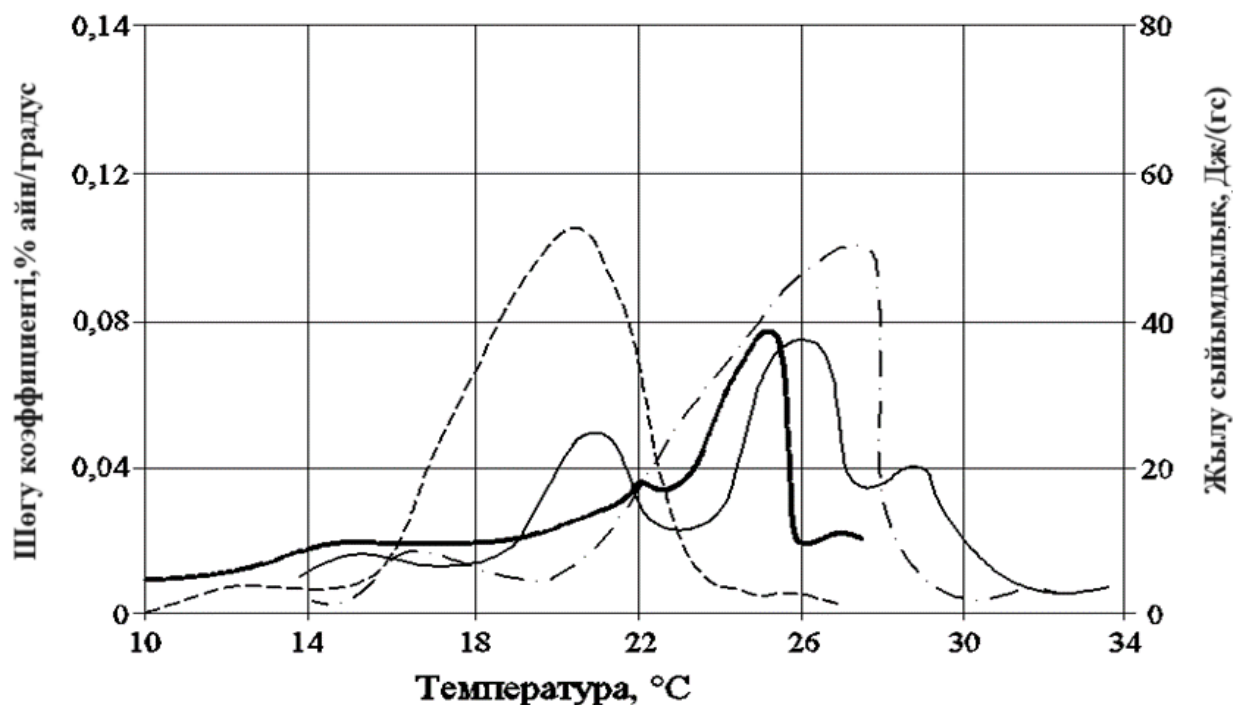
Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың шөгуін зерттеу нәтижелері 3.8 кестеде келтірілген.

3.8 кесте - ЖАМ-25-1, ЖАМ-25-2 и ЖАМ-25-3 жылуаккумуляциялаушы материалдарының шөгу мәндері

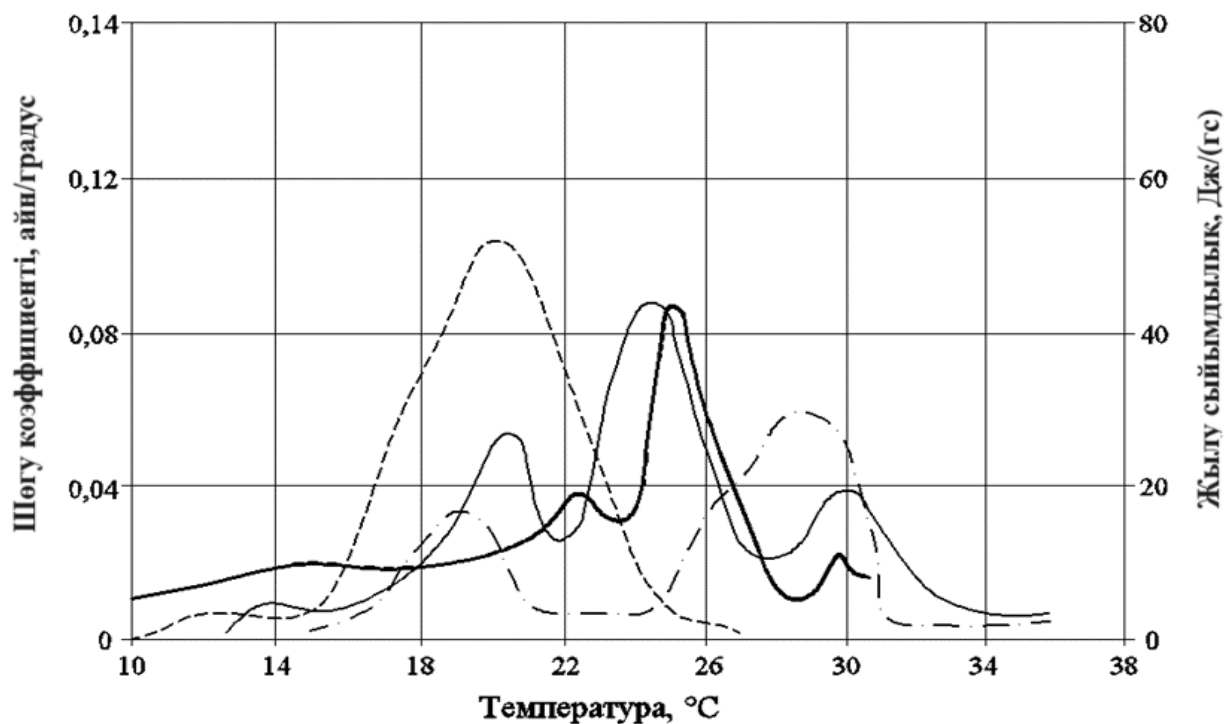
ЖАМ	Балқу температурасы, °С	Көлем бойынша шөгу, %		
		фазалық ауысу кезінде	кристалдану кезінде	балқу және фазалық ауысу кезіндегі шөгу мөлшері
ЖАМ-25-1	25	1,38	8,16	9,54
ЖАМ-25-2	25	1,42	8,61	10,03
ЖАМ-25-3	25	0,76	9,03	9,79

Кристалдану мен фазалық ауысу және шөгу кезіндегі жылу бөлінуінің тәуелділігін бағалау үшін 3.7, 3.8 және 3.9 суреттерде олардың жеке н-

алқандарды, сұйық және қатты парафинді араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1, ЖАМ-25-2 және ЖАМ-25-3 үшін температураға тәуелділігі келтірілген.

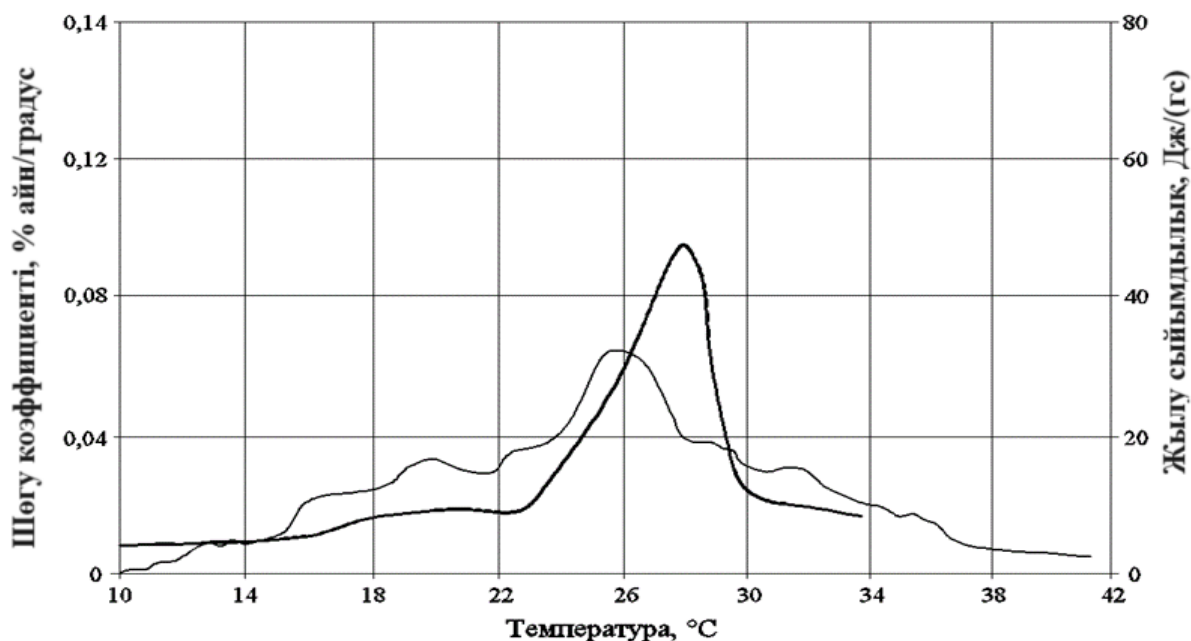


Сурет 3.7 - ЖАМ-25-1 шөгу коэффициенті мен жылу сыйымдылығының температураға тәуелділігінің графигі



Сурет 3.8 - ЖАМ-25-2 шөгу коэффициенті мен жылу сыйымдылығының температураға тәуелділігінің графигі





Сурет 3.9 - ЖАМ-25-3 шөгү коэффициенті мен жылу сыйымдылығының температураға тәуелділігінің графигі

Жеке n-алкандарды араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 жылусыйымдылығы мен шөгү коэффициентінің температураға тәуелділігінің графиктерін салыстыру (3.7 мен 3.8 сурет) шөгү қисығы жылу бөліну қисығына ұқсас екенін көрсетеді.

Сұйық және қатты парафиндерді араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-3-тің шөгү қисығы жылу бөлу (3.9 суретте) қисығынан айтарлықтай ерекшеленеді. Суреттің графиктерінде ЖАМ-25-3-тің бірнеше шөгү шыңдары және кристалдану мен фазалық ауысу кезінде жылу шығарудың екі шыңы бар екенін байқауға болады, яғни шөгү коэффициентінің қисықтары мен жылу шығару графиктері сәйкес келмейтінін атап өтуге болады. Бұл парафиннің химиялық құрамының күрделілігіне, оның құрамында n-алкандармен бірге көмірсутектердің басқа да топтары болуына байланысты.

### 3.4 Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың эксплуатациялық қасиеттерін зерттеу

#### 3.4.1 Тауарлы парафиндер негізіндегі ЖАМ-25 ұзақ мерзімге сақтау мүмкіндігін зерттеу

Зерттулер нәтижесінде дайындалған ЖАМ ұзақ мерзімге сақтау мүмкіндігін анықтау үшін стандарт талаптарына сәйкес олардың қартаюын анықтаудың жеделдетілген зерттеулері жүргізілді. ЖАМ түрі мен түсін, тығыздығы мен балқу температурасын анықтағаннан кейін, олардан 300 г массадағы он екі үлгі әзірленіп, әр үлгіні алюминийден жасалған және

герметикалық тығындармен тығындалған бірдей көлемдегі контейнерлерге орналастырып, контейнерлерді термостатқа орналастырдық.

Көмірсутектерде жүретін химиялық реакциялардың жылдамдығы (крекинг, полимерлену және тотығу) әрбір 10-15 °С температурада екі есе артатынын ескеріп, термостаттың температурасын 130 °С етіп таңдалды. Контейнерлер герметикалық түрде жабық болғандықтан, зерттеулер кезінде парафиннің тотығуы ескерілген жоқ. Әр екі айда екі контейнерді алып, жылуаккумуляциялаушы материал үлгілерінің сыртқы түрі мен түсі зерттелді, тығыздығы мен балқу температурасы анықталды. Үлгілер 14 ай бойы зерттелді. Зерттеу жалғасуда. Осылайша, әзірленген ЖАМ-ды сақтау 10-20 жылға тең ұзақ уақыт бойы сақталуы модельденді.

Зерттеулер көрсеткендей, қартаю кезінде әзірленген ЖАМ қасиеттерінде ешқандай өзгерістер байқалған жоқ. Қарастырылған барлық эксплуатациялық параметрлері техникалық шарттарда көрсетілген шектерде сақталды. Жылуаккумуляциялаушы материалдардың қасиеттерінің өзгеруін зерттеулер оларды түрлі сыртқы әсерлерден қорғайтын герметикалық ыдыста сақтау ЖАМ-ды 20 жылдан аса мерзімде сақтауға мүмкін екенін көрсетті.

### **3.4.2 Жылуаккумуляциялаушы материал қасиеттерінің фазалық күйі ауысу циклдары кезіндегі тұрақтылығын анықтау**

ЖАМ-25 жылуды аккумуляциялайтын материалдар үлгілері алма-кезек қыздыру мен суыту және балқу мен кристалдану циклдері кезіндегі қасиеттерінің тұрақтылығын бағалауда қолданыстағы стандарттарға сәйкес сыналды.

Бұл әдістер мен әдістемеге сәйкес балқу және кристалдану циклдерінде эксплуатациялық қасиеттерінің тұрақтылығын анықтау үшін герметикалық металл ыдыстарында ЖАМ-25 материал үлгілері температурасы 0-5°С (материалдың балқу температурасынан 20°С төмен температурада) ыдыстан бірнеше рет температурасы 45-50°С (материалдың балқу температурасынан 20°С жоғары) ыдысқа ауыстырылды. 24 сағатта балқу-кристалданудың 10 циклы жүргізілді. Фазалық ауысудың әрбір 1000 циклында үлгілердің түсі, балқу температурасы, құрамындағы қоспаларының үлесі қайта анықталып тұрды.

Зерттеулер нәтижесінде (3.9 кесте) парафиндер негізінде әзірленген ЖАМ-25 балқу температурасы тұрақты болатыны және қайтымдылығы, сонымен бірге балқу-кристалданудың кем дегенде 1000 циклы кезінде негізгі қасиеттерін өзгертпей, кемінде үш жыл жұмыс істей алатынын көрсетті. Зерттеудің жоспарланған шегінде ешқандай өзгерістер байқалмағандықтан, әзірленген ЖАМ-25 физика-химиялық және эксплуатациялық қасиеттерін өзгертпестен ұзақ жұмыс істей алады деген қорытынды жасалды.

Кесте 3.9 – Балқыту мен кристалданудың 1000 циклынан кейінгі ЖАМ-25 физикалық қасиеттері

Көсеткіштер	Бастапқы ЖАМ			1000 циклдан кейінгі		
	ЖАМ 25-1	ЖАМ 25-2	ЖАМ 25-3	ЖАМ 25-1	ЖАМ 25-2	ЖАМ 25-3
Жуков әдісі бойынша балқу температурасы, °С	24,3	24,5	25,5	22,3	22,7	21,4
Түсінің тұрақтылығы, тәулік	7	7	7	7	7	7
Құрамында суда еритін қышқылдар мен сілтілердің болуы	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ
Механикалық қоспалардың үлесі, %	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ
Сілкіту арқылы анықталатын судың үлесі	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ	жоқ

### 3.4.3 Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың сыртқы түрі мен түсін бағалау

Сұйық парафиндерді араластыру арқылы әзірленген ЖАМ-25 қатты күйінде ақ түсті кристалды қатты заттар болып табылады, оның балқу температурасына жақын температурада материал бетінде балқу температурасы төмен көмірсутектер тамшылары көрінеді. Үлгілерді суытқан кезде бұл бөлінген тамшылар қайтадан кристалданады. Балқыған кезде алынған ЖАМ-25 материалы мөлдір біртекті сұйық түрінде болады.

[183] еңбектің нәтижелері көрсеткендей, парафиндер араласпасы негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдар әртүрлі n-алкандар мен аздаған басқа көмірсутектердің араласпасы болып табылады.

Сұйық жылуаккумуляциялаушы материалды салқындатқан кезде және ол салқындап, кристалданған кезде материалда көлемі бойынша шөгу байқалады, нәтижесінде парафин кристалдарының арасында атмосфералық ауамен толтырылған ұяшықтар пайда болады, ал жылуаккумуляциялаушы материал балқыған кезде ол көлемін үлкейтіп, ауа қайтадан сыртқа шығарылады.

Сондықтан кей жағдайларда жылуаккумуляциялаушы материалды механикалық жолмен араластыру кезінде балқу температурасына жақын температурада оның бетінде көбікшіктер түзілуі мүмкін.

### 3.4.4 Жылуаккумуляциялаушы материалдардың металға байланысты коррозиялық белсенділігі

Қоршау конструкцияларында жылуаккумуляциялаушы қабат ретінде қолданылатын материалдардың негізгі эксплуатациялық қасиеттерінің бірі олардың конструкциялық металдарға коррозиялық белсенділігі болып табылады.

Әзірленген ЖАМ-25 қартаюға жеделдетілген әдіспен сынау (1.2 бөлім) және балқу-кристалдану циклдерін анықтау кезінде ЖАМ-25-тің конструкциялық металл материалдарына коррозиялық әсерін бағаланды,

нәтижесінде ЖАМ-25 металл материалдарға инертті екені дәлелденді. Кейбір жағдайларда балқыған күйде жылуаккумуляциялаушы материалдың түсінің аздап қараюы байқалды. Бұл тұжырымдама [184,185] жұмыстардың нәтижелерімен сәйкес келеді.

Сонымен қатар зерттеулердің нәтижесінде әзірленген ЖАМ-25 сұйық парафиндер сияқты негізінен n-алкандар мен басқа көмірсутектердің аздаған араласпасынан тұратыны анықталды. Олардың құрамында су, газ немесе ауа және басқа қоспалар болмайды, яғни тауарлы парафиндер негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалдардың адамға және қоршаған ортаға зиянды әсері жоқ.

### **Үшінші бөлім бойынша негізгі қорытындылар**

1. Зерттеулерде қажетті жылуфизикалық қасиеттері бар жылуаккумуляциялаушы материалдарды алудың екі әдісі қолданылды:

- балқу температурасы 25°C жылуаккумуляциялаушы материалдарды қатты және сұйық парафиндерді әтүрлі қатынаста араластыру арқылы әзірлеу;

- қажетті балқу температурасы мен балқу және фазалық ауысу энтальпиясы (200-225 Дж/г) жоғары болатын жылуаккумуляциялаушы материалдарды бірнеше жеке n-алкандардың жақын фракцияларын араластыру арқылы әзірлеу.

2. Қажетті балқу температурасы болатын жылуаккумуляциялаушы материалдарды тауарлы сұйық және қатты парафиндерді түрлі арақатынаста араластыру арқылы алуға болатыны көрсетілді.

Дегенмен материалдың құрамындағы компоненттердің физикалық және жылутехникалық қасиеттерінің айырмашылығы үлкен болуына байланысты бұл жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқ және фазалық ауысу энтальпиялары салыстырмалы түрде төмен болатыны анықталды. Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдарда балқу мен қатаюдың бірнеше циклдерінен кейін қабаттарға бөліну және қайтадан қатты және сұйық фазалардың түзілуі байқалады. Тұрғын үйлерді пайдалану жағдайларында тұрақты температураны ұстап тұру қиын болғандықтан, қатты және сұйық парафиндер араласпаларын жылуаккумуляциялаушы материалдар ретінде пайдалану тиімсіз екенін көсетті.

3. n-алкандардың жақын фракциялары негізінде қажетті балқу температурасына және 180-220 Дж/г деңгейіндегі балқу және фазалық ауысу энтальпияларына ие жылуаккумуляциялаушы материалдарды алуға да болады.

Жеке n-алкандарды араластыру арқылы ЖАМ әзірлеу әдісінің негізгі кемшілігі жеке n-алкандар өзіндік құны жоғары және n-алкандар негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалдарды құрылыста пайдалануды техникалық-экономикалық негіздеуді қажет етеді.

4. Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылутехникалық қасиеттерін салыстырмалы зерттеу нәтижелері жеке n-алкандарды араластыру негізінде әзірленген ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2

жылуаккумуляциялаушы материалдарының балқу температуралары тұрақты болатынын көрсетті. Балқу және фазалық ауысу температурасы интервалы мәндері ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 үшін 3-4°C, ал ЖАМ-25-3 үшін 7-9°C аралығында болатынын көрсетті. ЖЖМ-25-3 үшін балқу және фазалық ауысу температурасы интервалының кең болуы, алынған материалдың кең фракциялық құрамымен түсіндіріледі

5. n-алкандардың жақын фракцияларын араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 жылуаккумуляциялаушы материалдарды зерттеу балқу және фазалық ауысу жылуының жеткілікті дәрежеде жоғары болатынын көрсетті (205,1-тен 206,1 дж/г дейін).

Жылуаккумуляциялаушы материал (ЖАМ-25-3) алу үшін сұйық және қатты парафиндерді араластыру кристалдық күйдегі балқу және фазалық ауысу энтальпиясының және жалпы энтальпияның (олардың қосындысы) төмендеуіне алып келеді. ЖАМ араласпасындағы компоненттердің көбейуі энтальпия шамасын төмендетеді. Бұдан келесі қорытынды жасауға болады: жылу аккумуляциялаушы материал құрамындағы әр түрлі көмірсутекердің фракциялары көп болған сайын, материалдың жалпы балқу энтальпиясы айтарлықтай кемиді. Сонымен қатар бұл кезде материалдың балқуы кең температуралық айырмаларда жүреді.

6. Тауарлы парафиндер негізінде әзірленген ЖАМ кристалдық күйіндегі балқу және фазалық ауысу энтальпияларының жиынтығы төмендегі факторларға тәуелді болады:

- ЖАМ құрамындағы көмірсутектердің фракциялық құрамы мен n-алкандардың тазалығына: ЖАМ құрамындағы көмірсутектердің фракциялық құрамы неғұрылым кең болса, жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу энтальпиясы соғұрылым төмен болады. Ал материал құрамында керісінше, n-алкандардың массалық үлесі көп болған сайын, жалпы энтальпия соғұрылым өседі болады;

- ЖАМ-ның фракциялық құрамына. Материалды құрайтын компоненттердің саны көп болған сайын балқу температурасының өсуіне әкеледі, оның себебінен жалпы энтальпия да өседі;

- ЖАМ құрамындағы жұп және тақ n-алкандар саны мен олардың арақатынасына: жұп қатардағы n-алкандар мөлшерінің артуы балқу және фазалық ауысу энтальпияларының қосындысын арттырады;

- құрамындағы жұп және тақ қатардағы n-алкандар санының үлесіне және олардың қатынасына, балқу температурасы бірдей болған жағдайда жұп қатардағы n-алкандар үлесі жоғары ЖАМ-да балқу және фазалық ауысу энтальпияларының қосындысы жоғары болады.

7. Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың эксплуатациялық қасиеттерін зерттеу шөгу коэффициентінің температураға тәуелділігін зерттеуге мүмкіндік берді.  $C_{17}H_{36}$  және  $C_{18}H_{38}$  n-алкандарды араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 жылуаккумуляциялаушы материалдың шөгу коэффициентінің температураға тәуелділігі, тақ ( $C_{17}H_{36}$ ) және жұп қатардағы ( $C_{20}H_{42}$ ) көмірсутектер араласпасының кристалдануы

кезіндегі шөгуінің температураға тәуелділігіне ұқсас болады. ( $C_{20}H_{42}$ ) н-алкандар, әрқайсысында екі шөгу шыңы бар, ал алынған ЖАМ-25-1 төрт шөгу шыңына ие болады. Кристалдану және фазалық ауысу кезіндегі шөгу жалпы көлемнің 9,56% құрайтыны анықталды.

Тақ  $C_{17}H_{36}$  және  $C_{19}H_{40}$  н-алкандарды араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-2 шөгуінің температураға тәуелділігі, жеке н-алкандарының екі шөгу шыңы және ЖАМ-25-2 төрт шөгу шыңы болатынын көрсетеді. Бұл араласпаның шөгу мөлшері ЖАМ-25-2 үшін көлемнің 10,01%-ды құрады.

8. Әр түрлі фазалық күйдегі (сұйық және қатты парафиндерді) араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-3 құрамындағы жеке н-алкандар шөгуінің температураға тәуелділіктері үш (төрт) шөгудің шыңына ие. Бұл  $25^{\circ}C$  температурада және осы жылуаккумуляциялаушы материалды салқындатқанда бірқатар көмірсутектердің бір мезгілде кристалданатындығымен түсіндіріледі. ЖАМ-25-3 жалпы жылу эффектісі, балқу температурасы сондай жеке н-алкандар негізіндегі ЖАМ-нан айтарлықтай төмен болады, бұл парафиннің химиялық құрамының күрделілігімен, яғни көмірсутектердің көптеген фракцияларынан тұратынымен түсіндіріледі.

Бұл кезде көмірсутектердің белгілі бөлігі салқындаған кезде қатты кристалдық масса түзіп кристалданбауы мүмкін. ЖАМ-25-3 үшін кристалдану кезіндегі шөгуі көлемнің 9,02%, кристалдық күйден фазалық ауысудағы шөгуі көлемнің – 0,77%, ал жалпы шөгу көлемні 9,79% құрайды.

9. Жеке н-алкандарды араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 жылусыйымдылығы мен шөгунің температураға тәуелділігін салыстырмалы зерттеу, шөгу сызығының жылу бөлу сызығымен ұқсас болатынын көрсетті.

ЖАМ-25-3-тің бірнеше шөгу шыңдары және кристалдану мен фазалық ауысу кезінде жылу шығарудың екі шыңы бар екенін байқалады, яғни шөгу коэффициентінің қисықтары мен жылу шығару графиктері сәйкес келмейтінін атап өтуге болады. Бұл парафиннің химиялық құрамының күрделілігіне, оның құрамында н-алкандармен бірге көмірсутектердің басқа да топтары болуымен байланысты.

10. Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың эксплуатациялық қасиеттері зерттелді. Зерттеулер нәтижесінде парафиндер негізінде әзірленген ЖАМ-25 балқу температурасы тұрақты болатыны және қайтымдылығы, сонымен бірге балқу-кристалданудың кем дегенде 1000 циклы кезінде негізгі қасиеттерін өзгертпей жұмыс істей алатынын көрсетті және жасалған жылуаккумуляциялаушы материалдардың сыртқы түрі мен түсі, металдың тотығуына белсенділігі бағаланды.

11. Зерттеу нәтижелері бойынша Қазақстан Республикасының 2019 жылғы 10 желтоқсандағы №34970 өнертабысқа инновациялық патенті алынды. «Жылу сақтау материалы». (Қосымша 3).

## **IV ҚҰРЫЛЫСТА ПАРАФИН НЕГІЗІНДЕ ЖАСАЛҒАН ЖЫЛУАККУМУЛЯЦИЯЛАУШЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІН НЕГІЗДЕУ**

### **4.1 Жылуаккумуляциялаушы материалмен жасалған қоршаудың энергия белсенді қоршау конструкциясы**

Соңғы жылдары үйлердің сыртқы қоршауларын жобалауда кеңінен қолдау тапқан пассивті күн энергиясы жүйесін қолдану болып табылады. Мұндай жүйені конструкцияларда пайдалану жылуаккумуляциялаушы және жылуоқшаулағыш, жарық өткізуге қабілеті жоғары, органикалық құрам негізіндегі материал қабатын жобалауға негізделген [186-189]. Инсоляция үрдісінде жарық өткізгіш қасиеті бар қабат ішкі қабатқа күн радиациясын жібереді және жылуаккумуляциялаушы қабат бетімен жылулық шағылысу, жылуөткізгіштік және конвекциялық жолмен жылулық құбылыстарға байланыты кері бағытта жылу беруге кедергі жасайды.

#### **4.1.1 Энергияға белсенді жылу аккумуляциялаушы қабаты бар қоршау конструкциясы**

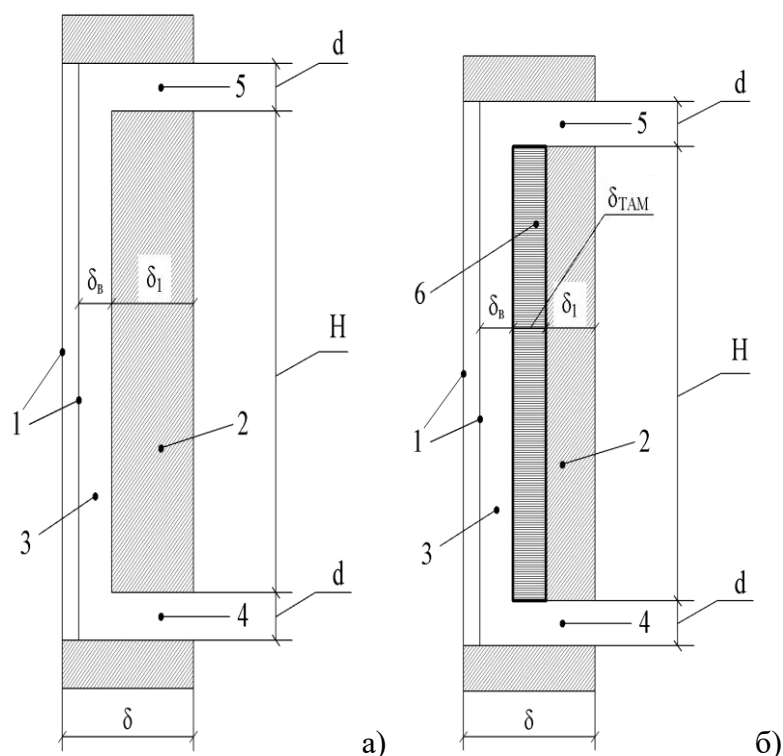
Күн энергиясын пайдаланудың негізгі принциптерін қолдана диссертациялық зерттеуде, алынған жылу аккумуляциялаушы материалдардың қоршау конструкциясында қоланудың тиімділігін бағалау үшін ғимараттың энергиябелсенді жаңа көпқабатты жылужинақтаушы қабаты бар конструкциясы жасалды [190].

Парафиндер негізінде жасалған жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдалану тиімділігін негіздеу үшін қоршау конструкция элементтерін қыздыру есебінен және келесі кезекте күн энергиясын тиімді пайдаланумен күн энергиясын жинақтау принципіне негізделген энергия белсенді қоршау конструкцияларының екі нұсқасын салыстырмалы бағалауды жүргіземіз.

Бірінші нұсқа, 4.1 (а) суретке сәйкес Тромб қабырғасы сұлбасы бойынша дәстүрлі қоршау конструкциясы. Екінші нұсқа, 4.1. (б) суретке сәйкес парафин негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалмен жасалған энергия белсенді қоршау конструкция панелі.

Конструкциялық шешімде, 4.1 суретке сәйкес жарық өткізгіш мөлдір жабын шыны пакет болып табылады, ол екі шыныдан 1 жасалған. Шыны пакет көтеруші қабаттан 2 ауа саңлауымен 3 бөлінген. Көтеруші қабаттағы жинақталған жылуды бөлме ішіне беру үшін беруші 4 және шығарушы 5 ауа арналары ұйымдастырылған. Қосымша 2 және 3 сұлбларда көтеруші қабат бетінде жұқа корпуспен қоршалған жасалған жылуаккумуляциялаушы материалдан қабат түрінде орындалған энергия белсенді панель орналастырылған.

Қоршау конструкциясының 4.1-суретте қарастырылған нұсқасы бойынша қоршау конструкциясының жұмыс істеу принципін сипаттаймыз.



1 – шыныпакет, 2 – көтеруші қабат, 3 – ауа саңлауы, 4 – беруші арна, 5 – шығарушы арна, 6 – жылуаккумуляциялаушы материал қабаты

- а) Тромб қабырғасы сұлбасы бойынша дәстүрлі конструкциясы;
- б) жылуаккумуляциялаушы қабаты бар энергия белсенді конструкция

Сурет 4.1 – Энергия белсенді жылужинақтаушы қабаттары бар сыртқы қоршау сызбалары

Дәстүрлі конструкциялық элементте – бұл көтеруші қабат, ал энергия белсенді қоршауларда – бұл жылужинақтағыш материалы бар энергия белсенді панель. Дәстүрлі қоршау конструкциясында жылу энергиясын жинақтау қоршау конструкциясының көтеруші қабатының температурасын жоғарлату есебінен жүреді. Энергия белсенді қоршаулар жағдайында жылу энергиясын жинақтау тек жылуаккумуляциялаушы материалдың температурасын жоғарлату есебінен ғана емес, сонымен қатар, материалдың балқуы, оның фазалық ауысуы әсерінен олардың жылусыйымдылығының ұлғайуы есебінен жүреді.

Қоршау конструкциясында жинақталған пайдалы жылу бөлмеге ендіріледі, бұл кезде жалпы үйге (бөлмеге) келетін жылу жүктемесі айтарлықтай азаяды. Жинақталған жылуды алу және оны бөлмеге беру дәстүрлі қоршау конструкциясындағы көтеруші қабат бетімен немесе панель бетімен жанасқан кезінде саңылауда 3 ауаны конвекциялық қыздыру



есебінен жүзеге асырылады. Мұндай ағынды екі жолмен ұйымдастыруға болады:

- табиғи тарту есебінен, жүйедегі жеткізуші арна – 4, ауалы саңылау – 3, шығарушы арна 5 арқылы ауа саңылауындағы 3 ауаның қызуы нәтижесінде жүреді;

- жеткізуші арнада 4 қондырылған желдеткіш арқылы ауаның үрленуі есебінен ұйымдастырылады.

Бұл кезде, қоршау конструкциясында жеткілікті жылу жинақталмаған жағдайда немесе бөлмеге жылуды беру қажеттілігі болмаған жағдайда ауа ағыны желдеткішті сөндірумен және арналарды жабумен атқарылады.

Энергия белсенді қоршау конструкциясының қарастырылған нұсқасының негізгі сипаттамалары 4.1- кестеде ұсынылады.

4.1 кесте – Сыртқы қоршау конструкциясының қарастырылған нұсқасының негізгі сипаттамалары.

Сипаттамасы	Нұсқа 1	Нұсқа 2
Көтеруші қабат қалыңдығы, $\delta_1$ , мм	400	300
Энергия белсенді панель қалыңдығы, $\delta_{ТАМ}$ , мм	-	100
Ауа саңылауы ені, $\delta_b$ , мм	120	120
Терезе әйнегінің қалыңдығы, $\delta_{gl}$ , мм	4	4
Әйнектер арасындағы қашықтық, $\delta_{b\ gl}$ , мм	12	12
Энергия белсенді панель биіктігі Н, мм	1400	1400
Көтеруші қабат материалы	Кірпіш қабырға	Кірпіш қабырға
ЖАМ қабаты қалыңдығы, мм	-	-
ЖАМ жыл өткізгіштігі, Вт/(м·К)	-	0,26
ЖАМ жылу сыйымдылығы, кДж/(кг·К)	-	3
ЖАМ тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>	-	900
ЖАМ балку температурасы, °С	-	28-41
ЖАМ меншікті балку жылуы, кДж/кг	-	200

Қоршау конструкцияларының қарастырылып отыран нұсқаларын есептік салыстырулары сыртқы ауа температурасының – 15°С, яғни, Шымкент қаласының климаттық ауданы жағдайында 0,92 ықтималдылықпен ең суық бес күндік кезеңнің температурасына сәйкес келетін температурасында жүргізіледі [191]. Ішкі ауа температурасы үнемі 20 °С деңгейде сақталады деп есептейміз. Қоршау конструкциясының ішкі және сыртқы беттерінің жылу беру коэффициенттерін нормаға сәйкес  $d_b=8,7$  Вт/м<sup>2</sup>·°С және  $d_n=23$  Вт/м<sup>2</sup>·°С қабылдаймыз [192]. Қарастырылып отырған күндізгі жарық ұзақтылығы 9 сағатты құрайды, бұл шамамен Шымкенттің ендіктегі күн тұруының қыс мезгілі мәліметтеріне сәйкес келеді.

Энергия белсенді қоршау конструкциясын салыстыру кезінде анықтаушы параметр ретінде қоршау конструкциясында жинақталған энергия мөлшерін  $E_A$  қарастырамыз.

#### 4.1.2 Қоршау конструкциясының жылулық күйін есептеу тапсырмасындағы жанама жылуалмасуды үлгілеу

Қарастырылып отырған қоршау конструкциясындағы жылуалмасу үрдісінен конструкциялық қабат арқылы жылуөткізгіштіктен бөлек жылу беруге конвекциялық және сәулелену құбылыстары қатысады.

Осыған байланысты тапсырма ауа саңылауында қозғалатын ауа мен қоршаудың конструкциялық қабаты арасындағы конвекциялық жылу алмасуды, сондай-ақ қоршау қабатына және инсоляция әсерінен сәулелік жылу беруді ескеретін қоршаудың конструкциялық элементтерін қарастырады.

Ауа саңылауы бар көпқабатты қоршаудың жылулық күйін үлгілеу тапсырмасы, сонымен қатар біздің жағдайда жылуды жинақтауды салыстырмалы күрделі. Осыған байланысты келесі болжамдар жасалады:

1. Бұл бағыттағы қоршаудың ұзындығы өте үлкен болғандықтан, тапсырмада көлденең бағытта (қоршау бойымен) температура өрісінің біркелкі еместігі ескерілмейді. Бұл кезде қоршаудың шеткі аймақтарындағы конструкциялық және физикалық себептермен туындаған жылу өрісінің біртектілігіне жылуфизикалық сипаттамалардың орташа мәндері айтарлықтай әсер көрсетпейді деп саналады.

2. Қоршаудың жоғарғы және төменгі жиектері, 4.1-суретке сәйкес, жылу оқшауланбаған, бұл жинақталған жылудың абсолютті мәндеріне әсер етеді. Дегенмен, қарастырылып отырған қоршау нұсқаларының жоғарғы және төменгі шүмектері арасындағы жылу алмасуды ескермейміз, өткені қоршау конструкциясының екі нұсқасы үшін де жылу жоғалту көрсеткіштері бірдей болады және қоршаудың энергия белсенділігін бағалау нәтижесіне әсер етпейді.

3. Ылғалды ауада атмосфералық қысымда температураның 10 °С және одан жоғары диапазонында су буының пайыздық құрамы 0,2% аспайтындықтан және қоршаудың ауа қабатындағы ұтымды жылудың жұтылуы мен сәулеленуі қарастырылмаған.

4. Бұлтты күн әсерінен инсоляция коэффициентінің төмендеуін ескермейміз және есептеуді ашық күндер үшін жүргіземіз.

5. Энергия белсенді қоршау конструкциясының жұмыс ұзақтығын үлгілеу кезінде біз күндізгі уақыттың өзгеруін ескермейміз.

Газ тәрізді ортада (ауада) қатты денелердегі конструкциялық элементтердің массаның және қозғалатын ортадағы импульстің сақталу заңдылықтарын көрсететін ішкі дифференциалдық теңдеулер негізінде қоршау конструкцияларының жанама жылу алмасуының математикалық үлгіленуі жасалған [193-195].

Қатты денелер үшін жылу өткізгіштік теңдеуі келесідей болады:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T) + q_v, \quad (4.1)$$

мұндағы  $c$  - жылуөткізгіштік;  $\rho$  - тығыздық;  $T$  - температура;  $t$  - уақыт;  $\lambda$  - жылу сыйымдылық;  $q_v$  – ішкі жылу көздерінің меншікті көлемдік тығыздығы.

Қозғалыс ортасы үздіксіз үш теңдеу жүйесі түрінде сипатталады:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{v}) = 0, \quad (4.2)$$

мұндағы  $\rho$  – ауа тығыздығы;  $t$  - уақыт;  $\mathbf{v}$  – ауаның жылдамдық векторы;  $\text{div}$  - Навье-Стокстың қозғалыс теңдеуі

$$\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\text{grad} \left( p + \frac{2}{3} \mu_{\text{эфф}} \text{div} \mathbf{v} \right) + 2 \text{div} (\mu_{\text{эфф}} \dot{\mathbf{S}}) + \mathbf{F}_V, \quad (4.3)$$

мұндағы  $\rho$  – ауа қысымы;  $\mu_{\text{эфф}}$  – тиімді (турбулент түзушіні ескерумен  $\mu_T$ ) динамикалық тұтқырлық;  $\dot{\mathbf{S}}$  - деформацияның жылдамдық тензоры;  $\mathbf{F}_V$  – көлемдік күштер векторы; - энергия теңдеуі

$$\rho \frac{dU}{dt} = -p \text{div} (\mathbf{v}) + \mu_{\text{эфф}} \Phi(\mathbf{v}) + q, \quad (4.4)$$

мұндағы  $U$  – меншікті ішкі энергия;  $q$  – уақыт бірлігінде масса бірлігіне келтірілген жылу мөлшері;  $\Phi(\mathbf{v})$  – қозғалатын ортаның қозғалысы кезінде тұтқырлық күштерді жеңу нәтижесінде жылуға айналатын механикалық энергияның бір бөлігін сипаттайтын диссипативті функция.

Сығылатын қозғалысты орта қарастырылғандықтан, (4.2) және (4.4) дифференциалдық теңдеулер жүйесі қысым, меншікті көлем және қозғалысты ортаның температурасы арасындағы қатынаспен белгіленетін күйлердің жылулық теңдеуімен түйінделеді [195-196].

Жылуфизикалық үрдістердің ерекшеліктерін ескере отырып (4.1) - (4.4) теңдеулерін ықшамдауға болады. Біріншіден, қоршаудың конструкциялық қабаттарында және ауа қабаттарында жылу көздері мен ағыны жоқ, сондықтан бастапқы теңдеулердегі жиынтық терминдерді нөлге теңестіреміз.

Теңдеуде (4.3) көлемдік күштер  $\mathbf{F}_V$  ретінде тұйықталған ауа қабатында ауа айналымын және қоршау конструкциясы арналарындағы ауа ағынының табиғи қозғалысын туындататын ауырлық күші болып табылады. Осыған сәйкес (4.3) теңдеуді келесі түрде жазуға болады:

$$\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\text{grad} \left( p + \frac{2}{3} \mu_{\text{эфф}} \text{div} \mathbf{v} \right) + 2 \text{div} (\mu_{\text{эфф}} \dot{\mathbf{S}}) + \rho \mathbf{g}, \quad (4.5)$$

мұндағы  $\mathbf{g}$  – еркін құлаудың жылдамдық векторв.

Қабылданған болжамдардан ауа идеалды газ ретінде қарастырылады, сондықтан жылулық күйдің теңдеуі ретінде Менделеев-Клайперон теңдеуін алып келесі түрде алуға болады:

$$\rho = \frac{P}{RT}, \quad (4.6)$$

мұндағы  $T$  - ауа температурасы,  $K$ ;  $R$  - ауаның газ тұрақтысы.

Меншікті ішкі энергияға үшін келесі тәуелділік дұрыс болады

$$U = c_v T, \quad (4.7)$$

мұндағы  $c_v$  – тұрақты көлемдегі меншікті жылусыйымдылық.

Сондай-ақ (4.4) теңдеуде ауадағы кинетикалық энергияның жылу энергиясына айналуының шамалы болуына байланысты  $\Phi(v)$  функциясын елемеуге болатынын атап өтеміз. Осы болжамды ескере отырып, (4.2) үздіксіздік теңдеуі, сонымен қатар белгілі  $C_p - C_v = R$  қатынасты (4.4) теңдеуін түрлендірілген түрде жазуға болады:

$$c_p \rho \frac{dT}{dt} - \frac{dp}{dt} = \text{div}(\lambda_{\text{эфф}} \text{grad} T) \quad (4.8)$$

мұндағы  $c_p$  – тұрақты қысым кезіндегі меншікті жылусыйымдылық;  $\lambda_{\text{эфф}}$  – тиімді жылуөткізгіштік.

Іс жүзінде турбуленттіліктің үлгісі ретінде ( $k$ - $\varepsilon$ ) үлгісі кең қолданылады, ол жылу алмасу үрдісі кезінде турбулентті ағынды үлгілеу үрдісінде жеткілікті тығыздық алуға мүмкіндік береді.

Турбуленттіктің  $k$ - $\varepsilon$  - үлгісін пайдалану кезінде динамикалық тұтқырлықтың турбулентті құрамдасы мына теңдеумен анықталады

$$\mu_T = 0,09 \rho \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad (4.9)$$

ал қозғалмалы ортаның жылуөткізгіштік турбуленттік құрамдасы келесі формулада анықталады:

$$\lambda_T = \frac{c_p \mu_T}{Pr_T}, \quad (4.10)$$

мұндағы  $Pr_T = 0,85$  – Прандтлдың турбуленттік саны.

Қоршау конструкцияларындағы жылуфизикалық үрдістерді үлгілеу кезінде координаттардың декартты жүйесін таңдаймыз, ал тапсыоманы екіөлшемді тұжырымда қарастырамыз. Координаттардың келесі бағыттарын таңдаймыз. Координаттар өсінің басталу нүктесін шыныпакеттің сыртқы бетінен қабылдаймыз.  $X$  өсі - сыртқы ортадан бөлме ішіне көлденең, ал  $Y$  өсі – 4.1-суретке сәйкес қарастырылып отырған қоршау учаскесінің төменгі жиегінің нүктесінен тігінен басталады.

Нәтижесінде келесі теңдеуді аламыз:

$$c_p \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right), \quad (4.11)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) = 0, \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} + 2 \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_{\text{эфф}} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_{\text{эфф}} \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_{\text{эфф}} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right), \end{aligned} \quad (4.13)$$

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial v}{\partial t} + \rho u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y} + 2 \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_{\text{эфф}} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_{\text{эфф}} \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_{\text{эфф}} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right) - \rho g, \end{aligned}$$

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial t} + c_p \rho \left( u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) - \left( \frac{\partial p}{\partial t} + u \frac{\partial p}{\partial x} + v \frac{\partial p}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_{\text{эфф}} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_{\text{эфф}} \frac{\partial T}{\partial y} \right), \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho k v)}{\partial y} = \\ \frac{\partial}{\partial x} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial y} \right) + G_k + G_b - \rho \varepsilon, \end{aligned} \quad (4.15)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho \varepsilon v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho \varepsilon w)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \\ + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{3\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}, \end{aligned} \quad (4.16)$$

мұндағы  $u, v$  – ауа жылдамдығының векторлық компоненттері, сәйкесінше  $x, y$  бағыттарға сәйкес.

Сәулелік жылу алмасуда бөлікте тек жарық өткізгіш беттер (шыны) және қоршаудың жылу аккумуляциялаушы конструкциялық қабаты қабылданады. Басқа беттер мен қабаттардың олардың өлшемдері мен күн радиациясына қатысты бағыттарын елемейміз. Жылу алмасуға қатысатын барлық денелер толқын ұзындығы диапозонына тәуелсіз түсетін сәулелердің бірдей бөлігін жұтады деп қабылдаймыз.

Сондықтан уақыт бірлігінде бір денеден екінші денеге берілетін жылу мөлшерін жұмыстар [195,196] нәтижесіне сәйкес келесі түрде жазуға болады:

$$Q_{12} = \sigma_0 \varepsilon_{\text{пр}} (T_1^4 - T_2^4) F_{12}, \quad (4.17)$$

мұндағы  $\sigma_0 = 5,672 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$  – Стефан-Больцман тұрақтысы;  $\varepsilon_{\text{пр}}$  – келтірілген қаралық дәрежесі;  $T_1$  – аса қыздырылған беттің температурасы;  $T_2$

- аз қыздырылған беттің температурасы;  $F_{12}$  – сәулеленудің өзара беттік ауданы, ол мына теңдеумен табылу мүмкін,

$$F_{12} = \int_{F_1} dF_1 \int_{F_2} \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi R_{12}^2} dF_2, \quad (4.18)$$

мұндағы  $F_1, F_2$  – жылу алмасуға қатысатын беттердің ауданы;  $\theta_1$  және  $\theta_2$  – түзулер арасындағы бұрыштар, ол қарапайым аудандардың орталығын  $dF_1, dF_2$  және осы аудандарға сәйкес келетін нормалдармен байланыстырады;  $R_{12}$  – осы қарапайым аудандар арасындағы арақашықтық.

Келтірілген аралық дәрежесі төмендегідей анықталу мүмкін

$$\varepsilon = [1 + (1/\varepsilon_1 - 1)\varphi_{12} + (1/\varepsilon_2 - 1)\varphi_{21}]^{-1},$$

мұндағы  $\varepsilon_1$  және  $\varepsilon_2$  – сәйкесінше 1 және 2 беттердің қаралық дәрежесі;  $\varphi_{12} = F_{12}/F_1$  и  $\varphi_{21} = F_{12}/F_2$  – сәулеленгіштік коэффициенті немесе сәулеленудің бұрыштық коэффициенті.

Күн сәулесі әсеріне ұшыраған беттер үшін, атап айтқанда жылуаккумуляциялаушы конструкциялық элементтері (ЖЖКЭ) беттері және шынының (4.17) теңдеуімен анықталатын сыртқы беттері мәніне, инсоляцияның сол бөлігіне сәйкес келетін денемен жұтылатын мәнді қосу керек:

$$Q_{abs} = k \cdot F \cdot q_{инс}, \quad (4.20)$$

мұндағы  $q_{инс}$  – тік жазықтыққа түсетін күн сәулесінің жылу ағынының тығыздығы;  $F$  – жазық ауданы;  $k$  – шыны өткізетін және беттің қаралық дәрежесімен анықталатын коэффициент.

Бірінші жуықтау үшін  $k$  мәні ретінді келесі теңдеу таңдалуы мүмкін:

$$k = \varepsilon_{gl}(1 - T_{gl}) \text{ сыртқы шыны үшін,} \quad (4.21)$$

$$k = \varepsilon_{gl}(1 - T_{gl}) \cdot T_{gl} \text{ ішкі шыны үшін,} \quad (4.22)$$

$$k = \varepsilon_{ТАМ} \cdot T_{gl} \cdot T_{gl} \text{ жылуаккумуляциялаушы конструкциялық қабат үшін} \quad (4.23)$$

мұндағы  $\varepsilon_{gl}$  – шынының қаралық дәрежесі;  $T_{gl}$  – шынының өткізу коэффициенті;  $\varepsilon_{ЖАМ}$  – жылужинақтағыш конструкциялық қабат бетінің қаралық дәрежесі.

Жылужинақтағыш қабаттан кері шағылған сәуле бөлігі оған сіңірілген сәуледен аз болғандықтан оны ескермеуге болады. Осыған байланысты 4.21 - 4.23 теңдеулері жылуаккумуляциялаушы конструкциялық қабаттан кері шағылысқан күн сәулесін қабырғамен жұтылған күн сәулесінің бөлігін есептемейді.

Тік сыртқы қоршау конструкциясына түсетін күн сәулесінің қарқындалағын есептеу тікелей күн сәулесінің бағыты мен сәулелену бетіне бағыттар арасындағы бұрыштарды есептеуге және жазықтардың сәулелену нормаларын негізделген стандартты үлгіні қолдану арқылы жүргізіледі [197-199].

Жылуаккумуляциялаушы конструкциялық қабаттағы материалдың температурасы балқу температурасы мен қату температурасы арасында болғанда, жылуаккумуляциялаушы материалдың балқытылған компоненттерінің қозғалысы шектеледі. Осыған байланысты парафиннің тұтқырлығының үлкен болуын ескерумен конструкциялық қабаттағы жылуаккумуляциялаушы материалдың қозғалысын ескермейміз. Математикалық үлгіні ықшамдау үшін фазалық ауысудың меншікті жылуы мен жылуаккумуляциялаушы материалдың нағыз жылусыйымдылығын тиімді жылусыйымдылық коэффициенті  $C_{ef}$  арқылы біріктірумен жылуөткізгіштіктің тұтас теңдеуін (4.11) қарастырамыз. Есептеу кезінде өңменді санау әдісін қолданамыз [200, 201].

Тиімді жылусыйымдылық коэффициенті  $C_{ef}$  үшін кесі теңдеуді жазуға болады:

$$c_{ef} = \begin{cases} c, & \text{при } T < T_{sol} \text{ или } T > T_{liq} \\ c + \frac{L}{T_{liq} - T_{sol}} & \text{при } T_{sol} < T < T_{liq}, \end{cases} \quad (4.24)$$

мұндағы  $L$  – фазалық ауысудың меншікті жылуы;  $T_{sol}$  – солидус;  $T_{liq}$  – ликвидус.

Қортындысында, (4.12) – (4.16) теңдеулерін - конвекциялық жылу алмасуды ескеру кезінде, ал жылужинақтаушы қабаттың жылу алмасуы оның фазалық күйіне ескерместен (4.11) стандартты жылуөткізгіштік теңдеуімен сипаттауға болады. Мұнда тиімді жылуөткізгіштіктің (4.24) теңдеуі ескеріледі.

Ұсынылған дифференциалдық теңдеулер жүйесі (4.11) – (4.16) және (4.17) – (4.20) теңдеулерімен сипатталатын сәулелік жылу алмасу қоршаудың конструкциялық қабаттарында және ауа қабатында температуралық өрістерді, сонымен қатар берілген шекаралық жағдайларда арна арқылы қозғалатын ауадағы жылдамдық қысымының өрістерін алуға мүмкіндік берді.

Қоршаудың жоғарғы және төменгі қырлары үшін шекаралық жағдайлар сапасын есептеуде жылуоқшаулаудың келесі шарттары берілген:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=H} = 0 \quad (4.25)$$

мұндағы  $H$  – қоршау конструкциясының қарастырылатын бөлігінің биіктігі.

Жарықөткізгіш қоршаудың сыртқы бетінде қоршаған ортамен конвективті жылу алмасу шарты келесі түрде жазылады

$$q_{ext} = \alpha_{ext} (T_{x=0} - T_{ext}), \quad (4.26)$$

мұндағы  $q_{ext}$  – қоршаған кеңістіктегі жарықөткізгіш қоршау арқылы өтетін жылу ағынының тығыздығы;  $\alpha_{ext}$  – жылу беру коэффициенті, тек конвекциялық емес, сонымен қатар ортамен сәулелік жылу алмасатын элементтермен бірге;  $T_{ext}$  – ең суық бес күндікке теңелген сыртқы ауа температурасы.

Сыртқы қоршаудың (көтергіш қабатта) ішкі бетімен бөлме ішіндегі ауа арасындағы конвекциялық жылу алмасу шартын келесі түрде жазамыз

$$q_{int} = \alpha_{int} (T_{x=\delta} - T_{int}), \quad (4.27)$$

мұндағы  $q_{int}$  – жылу ағыны тығыздығы, бөлмеге осы бет арқылы өтетін;  $\alpha_{int}$  – жылу беру коэффициенті;  $T_{int}$  – бөлме ішіндегі ауа температурасы.

Жылу энергиясын жинақтауда, демек, ауа арналарының жабық кезінде ауа арналарының кіру және шығу қималарында ауаның жүрмеу шарты беріледі:

$$u|_{x=\delta} = 0. \quad (4.28)$$

Жинақталған жылу энергиясын бөлмеге шығару кезінде, яғни ауа арналарының ашық кезінде ауа арнасының кіру және шығу қимасында келесі шекаралық шарттар белгіленеді:

- кіру қимасында

$$T|_{x=\delta} = T_{int}, \quad (4.29)$$

$$p|_{x=\delta} = p_{in}, \quad (4.30)$$

мұндағы  $p_{in}$  – атмосфералық қысымға тең жеткізуші арнаның кірісіндегі ауа қысымы

- шығы қимасында

$$p|_{x=\delta} = p_{calc}, \quad (4.31)$$

мұндағы  $p_{calc}$  – шығару арнасындағы температура мен ауа тығыздығының ағымдағы мәндері негізінде есептелетін шығару арнасының шығысындағы ауа қысымы.

Қарастырылып отырған тапсырмаларда бастапқы уақыт моменті қоршау конструкциясының жылулық күйі беріледі, оның ішінде сыртқы жағдайлар өзгермеген кезеңнің бір бөлігі белгіленеді.

### 4.1.3 Энергия белсенді қоршауларда жүретін жылу үрдісінің жеңілдетілген математикалық үлгісі



Жоғарыдағы тарауда (4.1.2) келтірілген математикалық үлгілеу жылу физикалық үрдісті қажетінше нақты сипаттайды, дегенмен оны компьютерлік үлгілеумен жүзеге асыру есептеудің аса көп уақытын алады, ол аса үлкен мөлшердегі итерациялық теңдеулерді шешуді қажет етеді.

Осыған байланысты, сонымен қатар бағалау тапсырмаларын ескерумен тек қоршауда жылуаккумуляциялаушы энергия белсенді қабатты тиімді пайдалану үшін ықшамдалған үлгі жасалған.

Математикалық үлгіні айтарлықтай ықшамдау үшін тапсырмадан ауа қабатындағы физикалық өлшемдер өрісін алып тастап, жиынтықты параметрлермен алмастырамыз.

Сондай-ақ жарық өткізуші қабаттағы жылуфизикалық үрдіс квазистационарлы болып табылады.

Мұндай шешеім неге әкеледі, дифференциалды теңдеулерден (4.11) - (4.16) математикалық үлгілеуге тек қалатыны келесі түрдегі теңдеу

$$c_p \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right), \quad (4.32)$$

Теңдеуде (4.32) жылуаккумуляциялаушы материалдың фазалық ауысуы (4.24). теңдеуге сәйкес тиімді жылусыйымдылық коэффициенті арқылы ескеріледі.

Қарастырылған 2-нұсқада жылуаккумуляциялаушы қабаттың кеңістікті аймағында ені  $\delta_1 + \delta_{\text{ЖАМ}}$  биіктігі  $H$  тікбұрышты болып шектеледі, 4.1 – суретке сәйкес. 1-нұсқада жылуаккумуляциялаушы қабатсыз әрине,  $\delta_{\text{ЖАМ}} = 0$ .

Есептелетін аймаққа келесі шекаралық шарттарды береміз:  
Бөлменің ішкі бетінен

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=\delta_1+\delta_{\text{ТАМ}}} = \alpha_{\text{int}} (T_{\text{int}} - T \Big|_{x=\delta_1+\delta_{\text{ТАМ}}}) \quad (4.33)$$

Жоғарыдан:

$$\text{ашық арна кезінде жылуды алу } \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=H} = \alpha_{\text{ch out}} (T_{\text{out}} - T \Big|_{y=H}) \quad (4.34)$$

$$\text{арнаның жабық кезінде жылуды жинақтау } \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=H} = 0 \quad (4.35)$$

Төменнен:

$$\text{ашық арна кезінде жылуды алу } \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = \alpha_{\text{ch in}} (T \Big|_{y=0} - T_{\text{int}}) \quad (4.36)$$

$$\text{арнаның жабық кезінде жылуды жинақтау } \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0 \quad (4.37)$$

мұндағы  $\alpha_{ch\ in}$ ,  $\alpha_{ch\ out}$  – кіріс және шығыс арналарының қабырғаларының жылу беру коэффициенттері;  $T_{out}$  – шығыс арнасындағы ауа температурасы.

Қоршаудың сыртқы бетінен:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_{ef} (T|_{x=0} - T_{ext}) - q_{irr}. \quad (4.38)$$

мұндағы  $\alpha_{ef}$  – жылуаккумуляциялаушы элемент бетінің жылу беру коэффициенті, қоршаған ортада  $x=0$ ;  $q_{irr}$  – жылуаккумуляциялаушы конструкциялық элементпен жұтылатын күн сәулесінің жылу ағынының тығыздығы.

$$q_{irr} = \varepsilon_{ЖЖМ} \cdot T_{gl} \cdot T_{gl} \cdot q_{инс}. \quad (4.39)$$

Жылуаккумуляциялаушы конструкциялық элементтің бетінен қоршаған ортаға жылу беру үрдісінің математикалық үлгісі ауа қабаттары арқылы конструкциялық-конвекциялық жылу алмасуды сипаттайтын тәуелділіктер және қоршау беті арқылы жылуөткізгіштіктің бір өлшемді тендеулері негізінде тұрғызылған.

Жылуаккумуляциялаушы конструкциялық элементінің орташа биіктігі бойынша бетінің температурасы келесі формулада анықталады:

$$T_{ac}(t) = \int_0^H T(0, y, t) dy / H, \quad (4.40)$$

Орташа температура мен бет температурасы тек уақытқа тәуелді, сондықтан келесіні аламыз

$$T_{gl11} = T_{gl11}(t), T_{gl12} = T_{gl12}(t), T_{gl21} = T_{gl21}(t), T_{gl22} = T_{gl22}(t), T_{ac} = T_{ac}(t).$$

мұндағы  $T_{gl11}$  – сыртқы шынының сыртқы беті температурасы;  $T_{gl12}$  – сыртқы шынының ішкі беті температурасы;  $T_{gl21}$  – ішкі шынының сыртқы беті температурасы;  $T_{gl22}$  – ішкі шынының ішкі беті температура;  $T_{ac}$  – орташа биіктігі бойынша ЖЖКЭ беттік температурасы.

Тегіс беттер арасындағы ауа саңылаулары арқылы кондукциялық-конвекциялық жылу беру тиімді жылуөткізгіш коэффициенті негізінде қозғалмайтын қабат арқылы жылу беру үлгісін пайдаланумен ескерілген. Бұл коэффициент конвекцияны да, жылуөткізгіштікті де ескереді және келесі теңдеумен анықталады.

$$\begin{aligned} \lambda_{ef} &= \lambda_B \text{ болған жағдайда } Ra < 10^4, \\ \lambda_{ef} &= \lambda_B \cdot 0,062 \cdot Ra^{1/3} \text{ болған жағдайда } 10^4 < Ra < 10^7, \\ \lambda_{ef} &= \lambda_B \cdot 0,22 \cdot Ra^{1/4} \text{ болған жағдайда } 10^7 < Ra < 10^{10}, \end{aligned} \quad (4.41)$$

мұндағы  $\lambda_b$  – ауаның жылуөткізгіштік коэффициентінің нақты мәні;  
 $Ra = \frac{g\delta^3\beta\Delta T}{\nu} Pr$  – Релея саны;  $g$  – еркін құлау үдеуі;  $\delta$  – ауа қабатының қалыңдығы;  $\beta$  – сұйықтың көлемдік жылулық кеңею коэффициенті;  $\Delta T$  – ауа қабатындағы қарама-қарсы беттердің температуралық айырмасы;  $\nu$  – ауаға катысты кинематикалық тұтқырлық коэффициенті;  $Pr$  – Прандтля саны.

Жарық өткізгіш беттер арасындағы ауа қабаты үшін тиімді жылу өткізгіш коэффициенті  $\lambda_{efgl}(t)$  Релея саны мен (4.41) теңдеуі негізінде анықталады:

$$Ra_b(t) = \frac{g\delta_b^3\beta(T_{gl22}(t) - T_{ac}(t))\Delta T}{\nu} Pr \quad (4.42)$$

Бұл кезде (4.41) формуладағы  $\lambda_b$  мәні және (4.42) формуладағы  $\nu$  және  $Pr$  мәні атмосфералық қысым мен температура  $(T_{gl22}(t) + T_{ac}(t))/2$  бойынша анықталады.

Жарық өткізгіш пакет арасындағы ауа арнасы үшін және жылуаккумуляциялаушы материал бетінің тиімді жылуөткізгіш коэффициенті  $\lambda_{efb}(t)$  (4.41) теңдеуді ескерумен келесідей анықталады:

$$Ra_b(t) = \frac{g\delta_b^3\beta(T_{gl22}(t) - T_{ac}(t))\Delta T}{\nu} Pr. \quad (4.43)$$

Бұл кезде (4.41) формуладағы  $\lambda_b$  мәні және (4.43) формуладағы  $\nu$  және  $Pr$  мәндері атмосфералық қысым температураға  $(T_{gl22}(t) + T_{ac}(t))/2$  бойынша анықталады.

Жүргізілген есептеулерде маңызды мәселе қоршау арқылы өтетін жылу ағынының тығыздығын анықтау болып табылады, ол есепте келесі формулалар арқылы анықталады.

$$\begin{aligned} q(t) &= \lambda_{gl}(T_{gl12}(t) - T_{gl11}(t)) / \delta_{gl}, \\ q(t) &= \lambda_{efgl}(t)(T_{gl21}(t) - T_{gl12}(t)) / \delta_{bgl}, \\ q(t) &= \lambda_{gl}(T_{gl22}(t) - T_{gl21}(t)) / \delta_{gl}, \\ q(t) &= \lambda_{efgl}(t)(T_{ac}(t) - T_{gl22}(t)) / \delta_b, \end{aligned} \quad (4.44)$$

мұндағы  $\lambda_{gl}$  – шынының жылуөткізгіштігі.

Жарық өткізгіш қоршаудың сыртқы бетінің қоршаған ортаға жылу ағыны үшін теңдеу келесіні қабылдайды:

$$q(t) = \alpha_{ext}(T_{gl11} - T_{ext}). \quad (4.45)$$

Жылуберу коэффициенті  $\alpha_{ef}$  үшін теңдеу көп қабатты конструкцияның жылулық кедергілесуі [202] үшін теңдеуді ескерумен келесі түрді аалады:

$$\alpha_{ef}(t) = \left( \frac{1}{\alpha_{ext}} + \frac{\lambda_{gl}}{\delta_{gl}} + \frac{\lambda_{ef,gl}(t)}{\delta_{B,gl}} + \frac{\lambda_{gl}}{\delta_{gl}} + \frac{\lambda_{ef,B}(t)}{\delta_B} \right)^{-1} \quad (4.46)$$

Ауа арналарындағы ауа температурасын анықтауға арналған теңдеу ауа саңылауындағы  $T_{out}$  қыздырылған ауа ағынының әсерінен жылуаккумуляциялаушы қабатта жинақталған жылу мөлшері арасындағы жылу балансының қатынасы негізінде алынады, жарық өткізгіш пакет және жылуаккумуляциялаушы қабат арасындағы ауа қабаты арқылы өтетін. Есептеу әдісі мен ықшамдалған математикалық үлгінің толық сипаттамасы [202] жұмыста келтірілген.

Бұл жұмыста [203] сонымен қатар бастапқы және шекаралық шарттары бар дербес дифференциалдық теңдеулерді және алгебралық теңдеулерді итерация әдісімен шешудің толық сипаттамасы берілген.

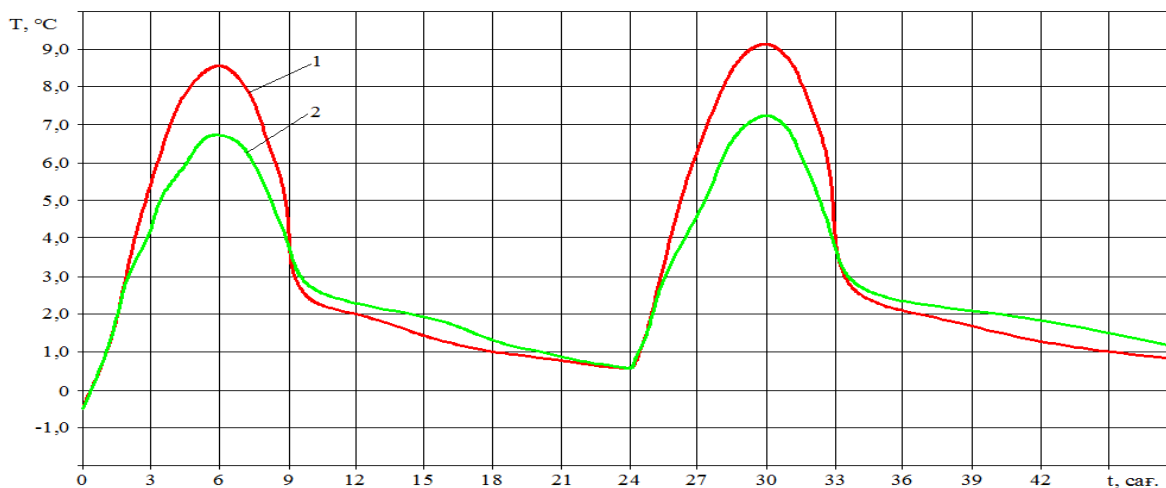
Жоғарыда сипатталған энергия белсенді қоршау конструкцияларындағы жылу үрдістерін үлгілеудің математикалық үлгілері мен әдістері Free Pascal тілінде жазылған бағдарламалық қамтамасыз етуде жүзеге асырылған. Бірінші сатыда қоршау конструкциясының қарастырылатын нұсқасының аса тиімді конструкциялық параметрлері мен жұмыс режимдеріне таңдау жүргізілген. Көп нұсқалық есептеулерді жүргізгеннен кейін конструкциялық параметрлер мен жинақталған жылуды алудың ұтымды режимі таңдалды. Ықшамдалған математикалық үлгінің алынған жақын нәтижелері, содан кейін есептеу жолымен жанама жылу алмасудың математикалық үлгісін пайдаланумен және оның компьютерлік үлгісін OpenFROM бағдарламалық пакетінде қайта есептеу арқылы нақтыланды.

#### **4.1.4 Қоршау конструкцияларының қарастырылған нұсқаларының тиімділігін есептік салыстыру нәтижелері**

Жасалған энергия белсенді қоршау конструкциясының есептік салыстырмалы тиімділігін талдау эксперименттік жағдайлар үшін Шымкент қаласының ең қысқа жарық күні және ең суық бес күндік кезінде жүргізілді. Бұл кезде жылуаккумуляциялайтын материал қабатында күн сәулесінен жинақталған жылуды қолдану күн батқан кезден басталды. Жылуды аккумуляциялаушы қабаттан бөлме ішіне беру бөлме ішіндегі ауа температурасына жеткен уақытқа дейін жалғасады.

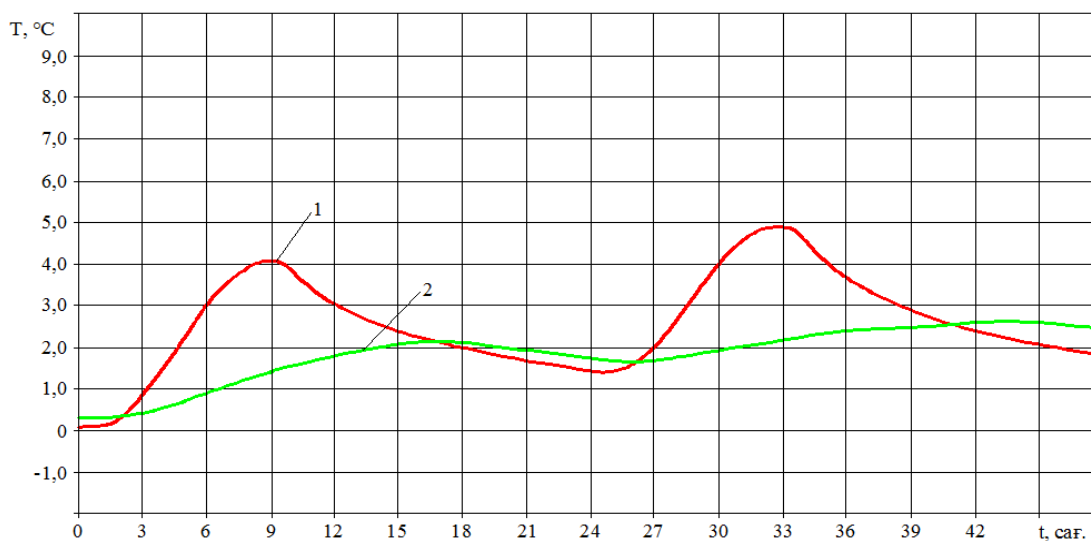
Суреттер 4.2 – 4.5 сәйкес қарастырылған нұсқалармен салыстырғанда бұлтты ауа райынан ашық ауа райына ауысқаннан кейінгі алғашқы 2 күн (48 сағат) ішінде қоршау конструкцияларының уақыт бойынша жұмыс параметрлерін есептеу нәтижелері келтірілген.

Күн батқаннан кейін жинақталған жылуды шығару жүзеге асырады, жүйеге табиғи тарту кіру арнасы, тік ауа қабаты – шығу арнасы.



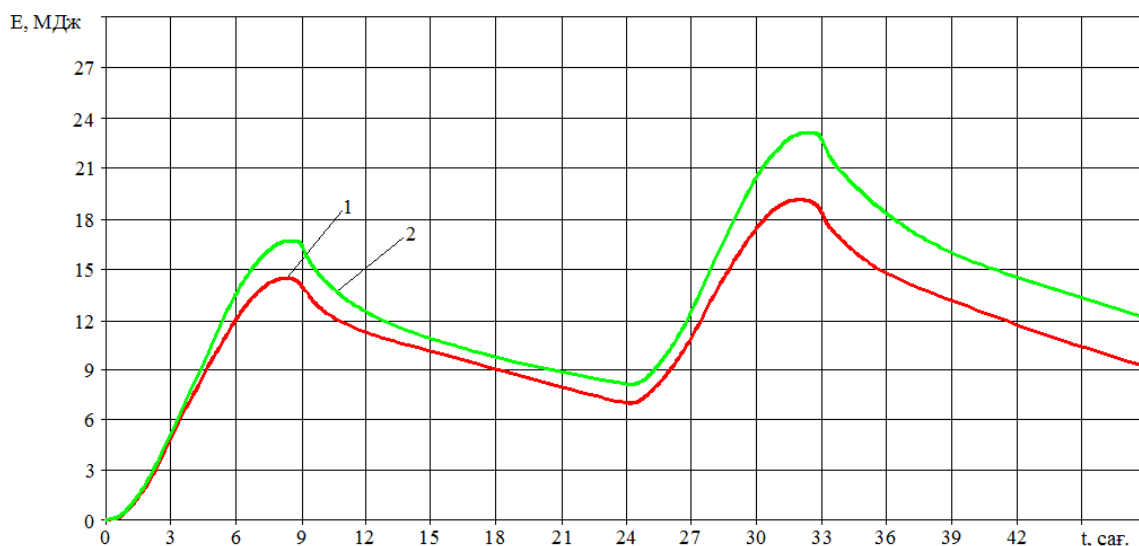
Сурет 4.2 – Арналардан және тік ауа қабатынан жылуды алу кезіндегі жылужинақтағыш қабат бетінің уақытқа тәуелділігі

Сурет 4.3-Нұсқа үшін (жылуаккумуляциялаушы қабатынсыз) көтеруші қоршау конструкциясы және энергия белсенді қабат шекарасындағы орташа температураның уақытша тәуелділігі көрсетілген. Көтеруші қабаттағы тереңдігі қалыңдығына энергия белсенді қабаттың температурасының өзгеруі қарастырылады.



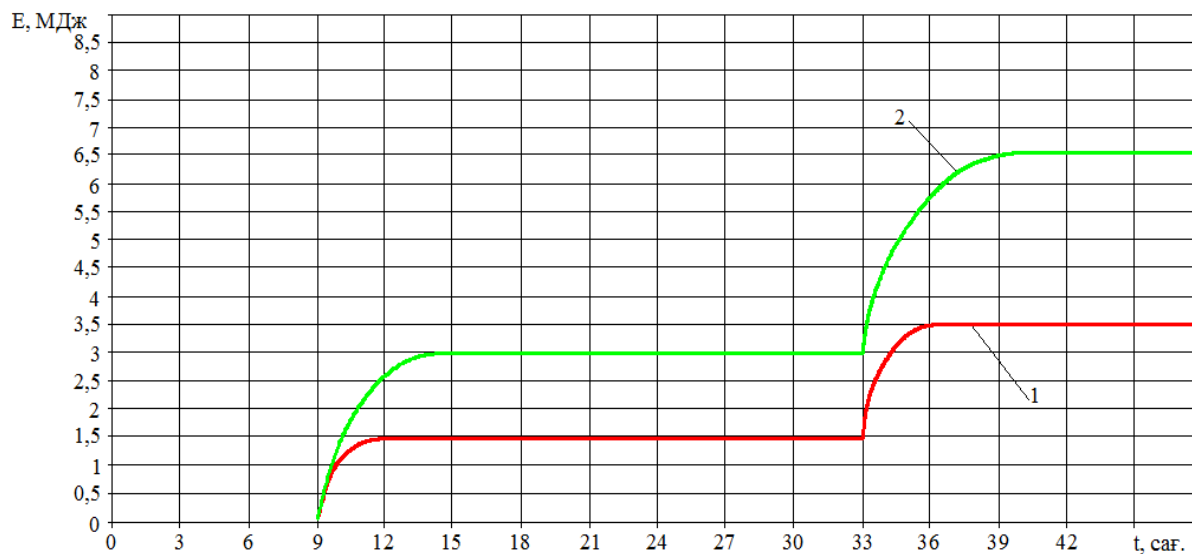
Сурет 4.3 – Арнадан жылуды алу кезіндегі энергия белсенді қабат пен көтеруші қоршау конструкциясының шекарасындағы температураның уақытқа тәуелділігі

Сурет 4.4 қоршау конструкциясында жинақталған жылу энергиясы мөлшерінің уақытқа тәуелділігін энергия белсенді қоршау конструкциясының  $1\text{ м}^2$  негізіндегі уақыттың нөлдік моментінен есеп беруді салыстыру көрсетілген.



Сурет 4.4 – Қоршау конструкциясындағы жинақталған жылуды арналардан алу кезіндегі жылу энергиясы мөлшерінің уақытқа тәуелділігі

Жылуаккумуляциялаушы қоршау арналарынан алынған және бөлмеге берілген тиімді жылу энергиясының уақытқа тәуелділігі 4.5 – суретте келтірілген.



Сурет 4.5 – Энергия белсенді жылуаккумуляциялаушы қабаттан арналардан бөлмелерге берілген пайдалы жылу энергиясы мөлшерінің уақытқа тәуелділігі

Нұсқа 1 үшін сурет 4.2 сәйкес жылуаккумуляциялаушы бет нұсқа 2 карағанда тез қызатынын көрсетті. Ерекшелігі де сондай, осы конструкциялық нұсқада беттің салқындау темпі де жоғары.

Жылуаккумуляциялаушы конструкциялық элементтің бетіндегі тәуліктік максималды температуралар 6 және 30 сағатта (бірінші күні 6 сағат және күн шыққаннан кейінгі екінші күні 4 сағат) байқалады.

Екінші күнгі максимум температураны бірінші күнгі максимум температура  $6^{\circ}\text{C}$  асады.

Жылуаккумуляциялаушы қабаттың қалыңдығына сәйкес тереңдікте тәуліктік температура максимумы сурет 4.3 сәйкес уақыт бойынша кейінгі уақытқа ауыстырылады. Әлбетте, қоршаудың осы нүктесіндегі максималды температураның бұл ығысуы жылуаккумуляциялаушы материал мен қоршау конструкциясының жылу инерциясымен, сондай-ақ оның элементтерінің жылусыйымдылығы мен жылуөткізгіштігі арасындағы әртүрлі қатынаспен байланысты.

Айта кету керек, максимумның ең ерте моменті жылуаккумуляциялаушы материалынсыз қоршау конструкциясында байқалады. Жылуаккумуляциялаушы қабаты бар қоршау конструкциясын жобалау кезінде максималды температураның күрт төмендеуі байқалады [203].

Сурет 4.4 сәйкес жылуаккумуляциялаушы қоршау конструкциясында жинақталған максималды жылу мөлшері Күн батқанға дейінгі 0,5 сағатта жетеді. Осыдан кейін жинақталған энергия бәсеңдей бастайды. Суреттегі 4.4 графиктерден көрініп тұрғандай, 9 және 33 сағат уақыт моментінде қисықтардың тегістігінің өзгеруі байқалады, ол жылуаккумуляциялаушы қабаттан жылудың қоршаған ортаға өтуінің ұлғайуымен және бөлме ішін жылытумен түсіндіріледі.

Зерттеудің маңызды қортындысы қоршау конструкциясында жылуаккумуляциялаушы материалдың болуы (2-нұсқа) 1-нұсқамен салыстырғанда жинақталған жылу энергиясының мөлшерін ұлғайтады.

Зерттеудің маңызды қорытындысы құрылыс конвертінде жылу жинақтаушы материалдың болуы (2-нұсқа) 1-нұсқамен салыстырғанда жинақталған жылу энергиясының мөлшерін арттырады.

Сурет 4.5 сәйкес, күн батқаннан бастап бөлмеше шығарылатын пайдалы жылу энергиясы тәуліктің бүкіл қараңғы бөлігінде жалғаспайтыны анық. Жылуаккумуляциялаушы конструкцияға жылуаккумуляциялаушы материалынсыз нұсқада бірінші күні 2 сағат және екінші тәулікте 3,5 сағат шамасында. Жылуаккумуляциялаушы қабатты қоршау конструкцияларында пайдалы жылу энергиясын жинақтау бірінші тәулікте 5 сағат шамасында, ал екінші тәулікте 9 сағат дейін. Жылуды жинақтағаннан кейін жылуаккумуляциялаушы қабат бетінің температурасы бөлмедегі ауа температурасына жетеді және жылу беру арнасы жабылады.

Кестелерде 4.2 және 4.3 қоршаулардың конструкциялық сұлбаларының қарастырылған нұсқаларының бірінші және екінші тәуліктердегі жылу энергиясын жинақтаудың салыстырмалы мөлшерлік көрсеткіштері келтірілген.

4.2 кесте – Қоршау конструкцияларының сандық сипаттамалары (жылу энергиясын жинақтаудың бірінші тәулігінде)

Параметрлері, өлшем бірліктері	Нұсқа 1	Нұсқа 2
Күн шығуы моментіндегі ЖЖКЭ бетінің температурасы, °С	6,3	7,2
ЖЖКЭ бетінің максималды температурасы, °С	91,5	73,3
ЖЖКЭ бетінің максималды температураға жету уақыты, с:м	29:52	30:01
Пайдалы жылуды алу моментіндегі ЖЖКЭ бетіндегі температура, °С	52,9	40,0
ЖЖКЭ көтеруші қабатпен түйісу орындарындағы максималды температурасы, °С	49,3	26,5
ЖЖКЭ көтеруші қабатпен түйісу орындарындағы максималды температураға жету уақыты, с:м	32:47	46:41
Денеге максималды жинақтау, МДж	19,3	23,6
Жылуды максималды жинақтауға жету уақыты, с:м	32:01	32:23
Пайдалы жылды алуды бастау моментіндегі жинақталған жылу, МДж	18,8	23,4
Тәулікте алынған пайдалы жылу	1,4	2,2
Пайдалы жылуды алу ұзақтығы, с:м	4:36	9:03
Күн батқаннан шыққанға дейінгі жылу жоғалту, МДж	8,4	8,2

4.3 кесте – Жылуаккумуляциялаушы қоршау конструкциясының сандық сипаттамалары (жылу энергиясын жинақтаудың екінші тәулігі)

Параметрлері, өлшем бірліктері	Нұсқа 1	Нұсқа 2
Күн шығуы моментіндегі ЖЖКЭ бетінің температурасы, °С	- 4,0	- 5,3
ЖЖКЭ бетінің максималды температурасы, °С	85,7	67,5
ЖЖКЭ бетінің максималды температураға жету уақыты, с:м	5:57	5:47
Пайдалы жылуды алу моментіндегі ЖЖКЭ бетіндегі температура, °С	48,0	39,2
ЖЖКЭ көтеруші қабатпен түйісу орындарындағы максималды температурасы, °С	40,9	21,5
ЖЖКЭ көтеруші қабатпен түйісу орындарындағы максималды температураға жету уақыты, с:м	8:55	18:01
Денеге максималды жинақтау, МДж	14,5	16,7
Жылуды максималды жинақтауға жету уақыты, с:м	8:13	8:32
Пайдалы жылды алуды бастау моментіндегі жинақталған жылу, МДж	14,1	16,5
Тәулікте алынған пайдалы жылу	0,91	1,78
Пайдалы жылуды алу ұзақтығы, с:м	3:12	6:54
Күн батқаннан шыққанға дейінгі жылу жоғалту, МДж	6,3	6,2

Жоғарыда жүргізілген салыстырмалы есептік зерттеулер бойынша келесі қорытындыларды жасауға болады.

Фазалық айсатын жылуаккумуляциялаушы материалды пайдалану жылу жинақтау материалы жоқ нұсқамен салыстырғанда күннің жарық мезгілінде энергия белсенді қоршау бетінің температураын төмендетуге мүмкіндік береді. Нәтижесінде тәуліктің жарық мезгілінде жинақталған энергия мөлшері 35% дейін өсті.



Тәуліктің қараңғы мезгілінде қоршаудың жылуаккумуляциялаушы қабатының бетінің температурасы жылуаккумуляциялаушы материалынсыз нұсқада көтергіш қабат бетінің температурасынан жоғары. Фазалық ауысатын жылуаккумуляциялаушы материалы бар энергия белсенді конструкциялық панельді пайдалану нәтижесінде жылужинақтау қабаты жоқ нұсқаға қарағанда 120% дейін пайдалы жылу жоғалтатынын атап өтейік.

Осылайша, үйлердің қоршау конструкцияларында қолданылатын фазлық ауысатын жылуаккумуляциялаушы материалдары бар энергиябелсенді конструкцияны пайдаланудың жоғарғы тиімділігі есептік зерттеулермен негізделеді [203].

Жүргізілген зерттеулер нәтижелері бойынша және әзірленген жылуаккумуляциялаушы қабаты энергия белсенді сыртқы қоршау конструкцияларына Қазақстан Республикасының пайдалы модель патентімен қорғалған (06.08.2018 жылғы № 3951 «Көп қабатты энергия белсенді конструкциясы» (Қосымша 4) және Қазақстан Республикасының пайдалы модель патентімен қорғалған (02.07.2019 жылғы № 4426 «Энергия белсенді панелі қоршау конструкциясы» (Қосымша 5)).

#### **4.2 Жылуаккумуляциялаушы қабаты бар сыртқы қоршау құрылымының тиімділігін бағалау**

Фазалық күйі ауыспалы ЖАМ-дар негізінде жобаланған сыртқы қоршау құрылымының энергетикалық тиімділігін бағалау үшін жылутасмалдағыш ретінде ауа қолданылатын күн коллекторының жылу инженерлік есептеулеріне негізделген жылуаккумуляциялаушы қабаты бар қоршау конструкцияларының энергия тиімділігін бағалау әдістемесі әзірленді.

Жылуаккумуляциялаушы құрылымдық қабаты бар сыртқы қоршау конструкцияларының жылу тиімділігін бағалаудың ұсынылған әдісінің мәні, негізгі сипаттамаларының климаттық факторларға және құрылымның жұмыс тәртібіне тәуелділігін анықтау болып табылады.

Әдіс жылуаккумуляциялаушы қабаты бар энергия белсенді конструкцияның жылу тиімділігін анықтауды, ғимараттың жылу жүктемесінен энергетикалық белсенді конструкция беретін жылу үлесін және энергетикалық белсенді конструкцияның ауданына байланысты ғимаратты жылытуға арналған жылу энергиясының үлестік мөлшерін анықтауды қамтиды.

Энергетикалық белсенді қоршау конструкциясының тиімділігін анықтау кезінде күн коллекторының жылу тиімділігін анықтау үшін қабылданған әдістемені пайдаланамыз [205]:

$$\eta = Q_u / A \cdot I_T \quad (4.47)$$

мұндағы  $Q_u$  – энергия белсенді конструкцияның жылулық өнімділігі, Дж;  $A$  – энергия белсенді конструкцияның ауданы, м<sup>2</sup>;  $I_T$  – конструкция

жазықтығындағы күн радиациясының қарқындылығы, Дж/м<sup>2</sup>.

(4.47) формуласындағы  $Q_u$  энергия белсенді конструкцияның жылулық өнімділігі төмендегі теңдеумен анықталады:

$$Q_u = A \cdot G \cdot C_o \cdot \gamma(t_{\text{ввх}} - t_{\text{вх}}), \quad (4.48)$$

мұндағы  $G$  – 1м<sup>2</sup> конструкция ауданына жұмсалатын жылутасмалдағыш (ауа) шығыны, л/с, ол 1м<sup>2</sup> конструкция ауданы үшін шамамен 11-12,5 л/с тең болады;  $C_o$  – жылутасмалдағыштың меншікті жылусыйымдылығы, Дж/(кг·°С) (ауа үшін – 1012 Дж/(кг·°С));  $\gamma$  – жылутасмалдағыштың тығыздығы, кг/л (ауа үшін – 0,001204 кг/л);  $t_{\text{ввх}}$  – энергия белсенді конструкциядан шығатын жердегі жылутасмалдағыштың температурасы, °С;  $t_{\text{вх}}$  – энергия белсенді конструкцияға кіретін жердегі жылутасмалдағыштың температурасы, °С.

[204] еңбекте сипатталған әдіске сәйкес (4.47) теңдеудің екі жағын да бөлгеннен кейін коллектордың тиімділігін бағалау теңдеуі төмендегідей түрге ие болады:

$$\eta = \frac{Q_u}{AI_T} = F_R(\tau \cdot d)_n - F_R \cdot U_L(t_{\text{вх}} - t_a)/I_T, \quad (4.49)$$

мұндағы  $F_R$  – энергия белсенді конструкциядан жылуды алып кетудің тиімді коэффициенті;  $(\tau \cdot d)_n$  – адсорбердің келтірілген сіңіргіштік қабілеті;  $U_L$  – конструкцияның жылу жоғалтылуының жалпы коэффициенті, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Энергетикалық белсенді конструкцияның лездік тиімділігін  $(t_{\text{вх}} - t_a)/I_T$  шамасына байланысты анықтауға болады, бұл күн радиациясы ауытқуының есептеу нәтижелеріне әсерін ескеруге мүмкіндік береді. Стационарлық жұмыс істеуі кезіндегі күн энергетикалық белсенді конструкцияның жылулық тиімділігінің  $\eta$ ,  $(t_{\text{вх}} - t_a)/I_T$  шамасына сызықты тәуелді болады.  $\eta = f(t_{\text{вх}} - t_a)/I_T$  байланысты сызықтың бұрыштық коэффициенті  $F_R \cdot U_L$ , ал ордината осімен қиылысатын нүкте координатасы  $F_R(\tau \cdot d)_n$  тең болады.

Шектеулі уақытқа, мысалы, бір айға арналған энергетикалық белсенді конструкцияның жылу өнімділігін елестетіп көрейік:

$$f = Q_m / L, \quad (4.50)$$

мұндағы  $f$  – энергетикалық белсенді конструкция арқылы өтетін жылу жүктемесінің үлесі;  $Q_m$  – бір айдағы энергия белсенді конструкцияның жылулық тиімділігі;  $L$  – бір айдағы жылыту жүйесіне түсетін жылулық жүктемелердің жиынтығы.

Инженерлік есептеулерде энергия белсенді конструкциядан келетін жылу жүктемесінің үлесін анықтау үшін екі өлшемсіз параметрмен

байланысты эмпирикалық тәуелділікті қолдануға болады. Бұл жердегі өлшемсіз параметр  $X$  - айына жылуаккумуляциялаушы материал сіңіретін күн энергиясы мөлшерінің жалпы айлық жылу жүктемесіне қатынасы:

$$X = A \cdot F_R \cdot U_L (100 - t_i) n / L, \quad (4.51)$$

$Y$  өлшемсіз параметрі  $100^\circ\text{C}$  температурадағы энергия белсенді конструкцияның айлық жылу шығынының жалпы айлық жылу жүктемесіне қатынасын білдіреді:

$$Y = A \cdot F_R (\tau \cdot \alpha) H_T \cdot N / L \quad (4.52)$$

(4.51) и (4.52) формулаларындағы  $A$  – конструкцияның энергетикалық белсенді ауданы,  $\text{м}^2$ ;  $F_R$  – жылуды алудың тиімді коэффициенті;  $U_L$  – конструкцияның жалпы жылу жоғалту коэффициенті,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$ ;  $t_i$  – сыртқы ортаның орташа айлық температурасы,  $^\circ\text{C}$ ;  $n$  – бір ай көлеміндегі секундтар саны;  $L$  – үйдің бір ай мерзімдегі жылулық жүктемесі,  $\text{Дж}$ ;  $H_T$  – конструкцияның көлбеу бетіне сәйкес келетін бір ай күндізгі уақыттағы жалпы күн радиациясының мөлшері,  $\text{Дж}/\text{м}^2$ ;  $N$  – бір айдағы күн саны.

Сондықтан, энергетикалық белсенді конструкцияның жұмыс тиімділігін (4.49) формуласы бойынша анықтауға болады, бұл жағдайда ауаның меншікті жылу сыйымдылығы  $C_o = 1012 \text{ Дж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$ , қалыпты жағдайдағы тығыздығы  $\gamma = 0,0012 \text{ кг}/\text{м}^3$  деп алынады.

Жылуаккумуляциялаушы қабаты бар қоршаудың энергия белсенді конструкциясынан келетін жылуды ескере отырып, ғимаратты жылыту үшін жылу энергиясына қажеттілікті  $Q_h^y$  анықтау мәселесін қарастырайық. Негізгі тәсіл ретінде [205, 206] әдебиеттерде көрсетілген жылу жүйесіндегі жылыту құрылғыларының жылу беруін автоматты түрде реттей отырып, жылу беру кезеңінде ғимаратты жылыту үшін жылу энергиясына қажеттілікті есептеу формуласы мен стандартты ережелерін қолданамыз.

$$Q_h^y = [Q_h (Q_{\text{int}} + Q_S) \nu \cdot \xi] \beta_h \quad (4.53)$$

мұндағы  $Q_h$  – ғимараттың сыртқы қоршау конструкциялары арқылы жылу жоғалтуы,  $\text{МДж}$ ;  $Q_{\text{int}}$  – жылыту мерзімі кезіндегі тұрмыстық жылу келулері,  $\text{МДж}$ ;  $Q_S$  – жылыту мерзімі кезіндегі терезелер арқылы күн радиациясынан келетін жылулар,  $\text{МДж}$ ;  $\nu$  – ғимарат бөлмелері қоршау конструкцияларының жылуды жинақтау немесе беру қабілетін ескеретін коэффициент;  $\xi$  – жылыту жүйелеріндегі жылуды беруді автоматты түрде реттеудің тиімділік коэффициенті;  $\beta_h$  – жылыту жүйесінің қосымша жылу қолдануын ескеретін коэффициент.

Сыртқы қоршау конструкциялары арқылы ғимараттың жалпы жылу жоғалтуы мына формуламен анықталады [205, 206]:

$$Q_h = 0,864 \cdot K_m \cdot D_d \cdot A_e^{sum}, \quad (4.54)$$

мұндағы  $K_m$  – ғимараттың жылу беруінің жалпы коэффициенті, Вт/(м<sup>2</sup>°С), ол ғимараттың жылу беруінің трансмиссионды  $K_m^t$  және инфильтрационды  $K_m^{inf}$  коэффициенттерінің қосындысы ретінде анықталады;  $D_d$  – белгілі мерзімдегі градус-тәуліктер саны, °С·сут;  $A_e^{sum}$  – ғимараттың жылытылатын көлемінің сыртқы қоршау конструкцияларының жалпы ауданы м<sup>2</sup>.

Энергия белсенді конструкциядан келетін  $f$  жылу жүктемесінің үлесін ескере отырып, энергия белсенді конструкциялары бар ғимараттың жылу қажеттілігін  $Q_{ns}^y$  төмендегі формула бойынша анықтауға болады:

$$Q_{ns}^y = Q_h^y - \left( Q_h^y \cdot \frac{f}{100} \right). \quad (4.55)$$

Жылдың суық және өтпелі кезеңдердегі ғимараттарды жылытуға арналған жылу энергиясының үлестік шығыны, кДж/(м<sup>2</sup>°С тәулік), (4.50) және (4.51) формулаларына сәйкес анықталады:

$$q_h^y = 10^3 Q_h^y / (A_h D_d) \text{ немесе } q_h^y = 10^3 Q_h^y / (V_h D_d), \quad (4.56)$$

мұндағы  $Q_h^y$  – суық және өтпелі кезеңдердегі ғимараттарды жылытуға арналған жылу қажеттілігі, МДж;  $A_h$  – ғимараттың жылытылатын бөлмелерінің еден алаңдарының қосындысы, м<sup>2</sup>;  $V_h$  – (4.55) формуласы бойынша анықталатын ғимараттың сыртқы қоршауларының ішкі беттерімен шектелген көлемге тең ғимараттың жылытылатын көлемі, м<sup>3</sup>;  $D_d$ .

Ғимарат қоршауларында энергия белсенді конструкцияларды пайдалану арқылы энергия үнемдеу тиімділігінің артуы ғимаратты жылытуға арналған меншікті жылу энергиясының шығынын азайту арқылы да бағалануы мүмкін, кДж/(м<sup>2</sup>·°С Вт).

Сыртқы қоршаулардың энергия белсенді конструкциясының жылу тиімділігін бағалаудың жоғарыда сипатталған әдісі жылыту кезеңіндегі энергия белсенді конструкцияларды қолданудан келетін жылу үлесін есепке алуға және энергия белсенді конструкция аймағындағы меншікті жылу энергиясының шығынына тәуелділікті бағалауға мүмкіндік береді. Жылу тиімділігін бағалаудың әзірленген әдістемесі үшін авторлық құқықпен қорғалатын нысандарға құқықтардың мемлекеттік реестріне мәліметтерді енгізу туралы куәлік (2020 жылғы 28 қазандағы № 12868 «Сыртқы қоршаулардың энергетикалық белсенді құрылымдарының жылу тиімділігін анықтау және жылу сақтау қабілетін бағалау әдістемесі») алынды.

Жылуаккумуляциялаушы қабаты бар сыртқы қоршауға арналған конструкциялық шешімдердің энергия тиімділігінің теориялық негіздемесі Шымкент қаласының климаттық жағдайларын ескере отырып, екі қабатты жеке тұрғын үй құрылысының жобасында жүзеге асырылды.

Жалпы ауданы  $122 \text{ м}^2$  тең бұл үйдің қоршау конструкциялары тығыздығы  $300\text{-}600 \text{ кг/м}^3$  аралығындағы энергетикалық тиімді автоклавты ұялы бетоннан жасалған.

Сыртқы қабырғалардың қалыңдығы  $40 \text{ см}$ , бөлек ағаш жолақтардан және екі қабатты әйнекпен тұратын терезелердің термиялық қорғаныс деңгейі  $0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  термиялық төзімділікпен қабылданды.

Жалпы сыртқы қоршаудың жылу беру коэффициенті  $K = 0,746$ , ал жалпы ауданы  $A_e^{sum} = 251,18 \text{ м}^2$  тең келеді. Жылу энергиясының жылытуға жұмсалатын үлестік мәні  $q_h^{des}$ ,  $\text{кДж/(м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{тәулік)}$ , энергиябелсенді конструкцияны қолданбай, тек терезе арқылы түсетін күн жылуын есепке алғанда  $93,33 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{тәулік)}$  құрады, бұл үйлердің осы тұрғыдағы түрлері үшін тең болатын  $q_h^{req} = 128,4 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{тәулік)}$  стандартты мәннен төмен.

Көрсетілген үйдің жылу энергиясына қажеттілігін (4.48), (4.53) және (4.54) формулаларына сәйкес есептеу нәтижелері 4.4-кестеде көрсетілген.

4.4 кесте - Шымкент қаласының климаттық жағдайлары үшін жалпы ауданы  $122 \text{ м}^2$  тең тұрғын үйдің жылу энергиясына қажеттілігі

Айлар	Градус-тәуліктер $D_d, \text{°C} \cdot \text{сут}$	Жалпы жылу жоғалтулар, $Q_h, \text{МДж}$	Тұрмыстық жылу бөлу $Q_{int}, \text{МДж}$	Жылу энергиясына қажеттілік, $Q_h^y, \text{ГДж}$
Қаңтар	666,5	10829,6	2157,6	8,67
Ақпан	582,9	9471,0	1948,8	7,52
Наурыз	427,8	6950,9	1948,8	5,02
Сәуір	195	3168,4	1749,5	1,42
Қазан	232,5	3777,7	1737	2,04
Қараш	417	6775,4	1948,8	4,83
Желтоқсан	592,1	9620,4	2088,0	7,53
			<b>Жалпы:</b>	<b>37,03</b>

Энергия белсенді конструкциялардың келтіретін жылу жүктемесі үлесін анықтау үшін екі өлшемсіз X және Y параметрлерімен байланысты эмпирикалық тәуелділіктер пайдаланылды. Осы параметрлерді анықтау үшін жүргізілген параметрлерді есептеу нәтижелері 4.5-кестеде көрсетілген.

4.5 кесте – Параметрлерді есептеу нәтижелері

Тиімділік коэффициенті, $\eta$	Тиімділік сызбасындағы сызықтың бұрыштық коэффициенті, $K$	Коэффициенттер		
		K	$F_R(\tau \alpha)_n$	$F_R U_L$
Энергия белсенді конструкцияның екі қабатты мөлдір жабыны				
0,959	-9,79	0,60	0,58	5,87

Энергия белсенді конструкциялардың жылу тиімділігін бағалау әдістемесінде қарастырылған климаттық көрсеткіштердің жиынтығы ҚР ҚЖ 2.04-01-2017 [207] сәйкес анықталады.

Энергия белсенді конструкциялардан бөлмеге берілетін күн радиациясының жылу үлесін анықтау үшін жүргізілген есептеу нәтижелері 4.6-кестеде көрсетілген.

4.6 кесте - Өлшемсіз көрсеткіштер қатынасының X және Y мәні (энергия белсенді конструкцияның ауданы (X/A) және (Y/A) үшін (4.51) және (4.52) формулалары)

Айлар	X/A	Y/A
Қаңтар	0,128	0,00215
Ақпан	0,154	0,008
Наурыз	0,297	0,0168
Сәуір	0,87	0,0247
Қазан	0,473	0,063
Қараша	0,324	0,0182
Желтоқсан	0,169	0,0047

Энергия белсенді конструкциялардың әр түрлі ауданын сыртқы қоршаулардың көлеңке немесе күншығыс жақтарында пайдалану кезіндегі энергия белсенді конструкцияның жеткілікті жылу өнімділігін 4.6 және 4.7 кестелердегі деректерге сәйкес ғимараттың жылу жүктемесіндегі бөлмеге түсетін күн жылуының өте елеулі үлесімен бағалауда.

4.7 кесте – Ауданы 5м<sup>2</sup> және 10м<sup>2</sup> жылуаккумуляциялаушы материалы бар энергия белсенді конструкциядан Шымкент қаласының климаттық жағдайлары үшін жылу беру айларында жеке тұрғын үйдің бөлмелеріне берілетін күн радиациясы  $f, %$  жылуының үлесі

№	Өзірленген конструкция ауданы, м <sup>2</sup>							
	5				10			
	X	Y	f	fL	X	Y	f	fL
Қаңтар айы	0,63	0,013	0,03	0,26	1,28	0,02	0,03	0,26
Ақпан айы	0,77	0,04	0,06	0,45	1,54	0,08	0,06	0,45
Наурыз айы	1,49	0,085	0,10	0,50	2,97	0,17	0,15	0,75
Сәуір айы	4,35	0,13	0,10	0,14	8,7	0,25	0,20	0,28
Қазан айы	2,37	0,30	0,07	0,14	4,73	0,6	0,30	0,61
Қараша айы	1,62	0,10	0,05	0,22	3,24	0,2	0,10	0,48
Желтоқсан айы	0,85	0,03	0,03	0,23	1,69	0,05	0,05	0,38
Жылыту мерзімі кезінде жалпы				1,66				2,32
Жылыту мерзімі кезінде, сәуір және қазан айларын қоса алғанда				1,94				3,21

4.50 формуласымен анықталатын жылыту кезеңіндегі жылудың үлесі  $f, %$ , энергетикалық белсенді конструкциялардың ауданы 5м<sup>2</sup> -  $100 \cdot 1,66/37,03=4,48%$ , ал 10м<sup>2</sup> аудан үшін -  $100 \cdot 2,32/37,03=6,27%$  тең болды.

Ал сәуір және қазан айларын қоса алғанда жылыту кезеңіндегі жылудың үлесі  $f, \%$ , энергетикалық белсенді конструкциялардың ауданы  $5\text{м}^2$  -  $100 \cdot 1,94/37,03=5,24\%$ , ал  $10\text{м}^2$  аудан үшін -  $100 \cdot 3,21/37,03=8,67\%$  тең болатыны анықталды.

4.8 кесте - Ауданы  $25\text{м}^2$  және  $50\text{м}^2$  жылушағылыстырғыш қабаты бар энергия белсенді конструкциядан Шымкент қаласының климаттық жағдайлары үшін жылу беру айларында жеке тұрғын үйдің бөлмелеріне берілетін күн радиациясы  $f, \%$  жылуының үлесі

№	Әзірленген конструкцияның ауданы, $\text{м}^2$							
	25				50			
	X	Y	f	fL	X	Y	f	fL
Қаңтар айы	3,20	0,054	0,02	0,17	6,35	0,01	0,04	0,35
Ақпан айы	3,85	0,20	0,05	0,38	6,40	0,40	0,20	1,51
Наурыз айы	7,45	0,42	0,25	1,26	7,70	0,84	0,45	2,26
Сәуір айы	21,75	0,618	0,65	0,93	14,83	1,24	0,85	1,21
Қазан айы	11,83	1,58	0,50	1,02	16,2	0,914	0,80	1,63
Қараша айы	8,10	0,455	0,25	1,21	8,45	0,236	0,30	1,45
Желтоқсан айы	4,23	0,118	0,05	0,38	6,85	0,08	0,05	0,38
Жылыту мерзімі кезінде жалпы				3,40				5,95
Жылыту мерзімі кезінде, сәуір және қазан айларын қоса алғанда				5,35				6,55

4.50 формуласымен анықталатын жылыту кезеңіндегі жылудың үлесі  $f, \%$ , энергетикалық белсенді конструкциялардың ауданы  $25\text{м}^2$  -  $100 \cdot 3,40/37,03=9,18\%$ , ал  $50\text{м}^2$  аудан үшін -  $100 \cdot 5,95/37,03=16,07\%$  тең болды.

Ал сәуір және қазан айларын қоса алғанда жылыту кезеңіндегі жылудың үлесі  $f, \%$ , энергетикалық белсенді конструкциялардың ауданы  $5\text{м}^2$  -  $100 \cdot 5,95/37,03=16,07\%$ , ал  $10\text{м}^2$  аудан үшін -  $100 \cdot 6,55/37,03=17,69\%$  тең болатыны анықталды.

4.6 және 4.7-кестелерде көрсетілген есептеу нәтижелері Шымкент қаласының (IV климаттық аймақ) климаттық жағдайында әзірленген энергия белсенді конструкцияларды пайдалану кезінде жылу беру айларында жеке тұрғын үйлерді есептеумен алынған жылу жүктемесіне тиесілі күн жылуының үлесі  $16\%$  екенін көрсетеді (энергия белсенді конструкцияның ауданы  $50\text{м}^2$ ).

Есептеу нәтижелері көрсеткендей, Шымкент қаласының аса ыстық климаттық жағдайында, тіпті терезелердің екі қабат шынылануында да, суық ай мезгілдерінде де (қараша, желтоқсан, қаңтар), жылдың қыс мезгіліндегі ауа райының аса бұлтты күндері және күн көзінің тұру ұзақтығы төмен болатын уақытында да энергия белсенді конструкцияның жылу тиімділігі айтарлықтай жоғары болатынын көрсетті.

Атап өтетін жағдай, энергиябелсенді, энергия үнемдейтін жылу жинақтаушы қабаты бар қоршау конструкцияның қосымша қабаттан жылу беруге қарсыласуының өсуін ескере, үйді жылытуға жұмсалатын жылудың меншікті мәнін  $1,2 \dots 1,5$  есеге төмендетуге болады.

### **4.3 Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдарды бетон және темірбетонды бұйымдарды жылумен өңдеуге арналған гелиокамераларда қолдану мүмкіндігін зерттеу**

Құрылыс бұйымдары мен конструкцияларын өндірудің энергетикалық тиімділігін арттыру мақсатында бетон және темірбетон бұйымдарын жылумен өңдеу технологиясында күн энергиясын пайдалану мәселесі ғылыми және практикалық тұрғыдан алғанда өзекті мәселе болып табылады [208].

Бетон және темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеу үшін күн энергиясын пайдаланудың елімізде және шетелде мол тәжірибесі [209-212] жинақталған. Құрылыс бұйымдарын жылумен өңдеуге арналған технологиялар, қондырғылар мен гелиокамераларда күн энергиясын пайдалану тиімділігін арттыруға көмектесетін конструкциялар әзірленді.

Құрылыс тәжірибесінде күн радиациясын қабылдайтын әртүрлі мөлдір жабындары бар арнайы гелиокамералары арқылы тікелей энергияны пайдалану әдістерін қолдану технологиясы кеңінен таралған [213,214].

Дегенмен, қолданыстағы гелиокамералардың бірқатар кемшіліктері бар, атап айтқанда: конструкцияның күрделілігі, өнімділігі мен тиімділігінің төмендегі, өңделетін бұйымдар мен конструкциялардың сапасын төмендететін үлкен өлшемдегі бұйымдарды жылытудың әркелкілігі.

Бетонды және бетонды бұйымдарды күн энергиясын пайдалана отырып жылумен өңдеу бағытындағы перспективалы және экономикалық тұрғыдан тиімді бағыт, тиімді жылуаккумуляциялаушы материалдарды, аралас жүйелер мен гелиокамераларды әзірлеу болып табылады [215].

Бетон мен темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеуге арналған гелио қондырғыларды пайдалану мәселесін негіздеу үшін күн энергиясын пайдаланатын жылужинақтайтын гелиокамераның жаңа шешімі әзірленді.

Ол камераларда жылуаккумуляциялаушы материал ретінде осы зерттеуде тауарлы парафиндер негізінде әзірленген материал қолданылды.

Бұл гелиокамераны әзірлеудің негізгі мақсаты гелиокамераларында күн энергиясын пайдалану тиімділігін арттырып, құрылыс бұйымдары мен конструкцияларын біркелкі жылуылғалды өңдеуді қамтамасыз етіп, олардың сапасын арттыру, сонымен бірге гелиокамераның жылу сақтау қасиетін жақсарту болып табылады.

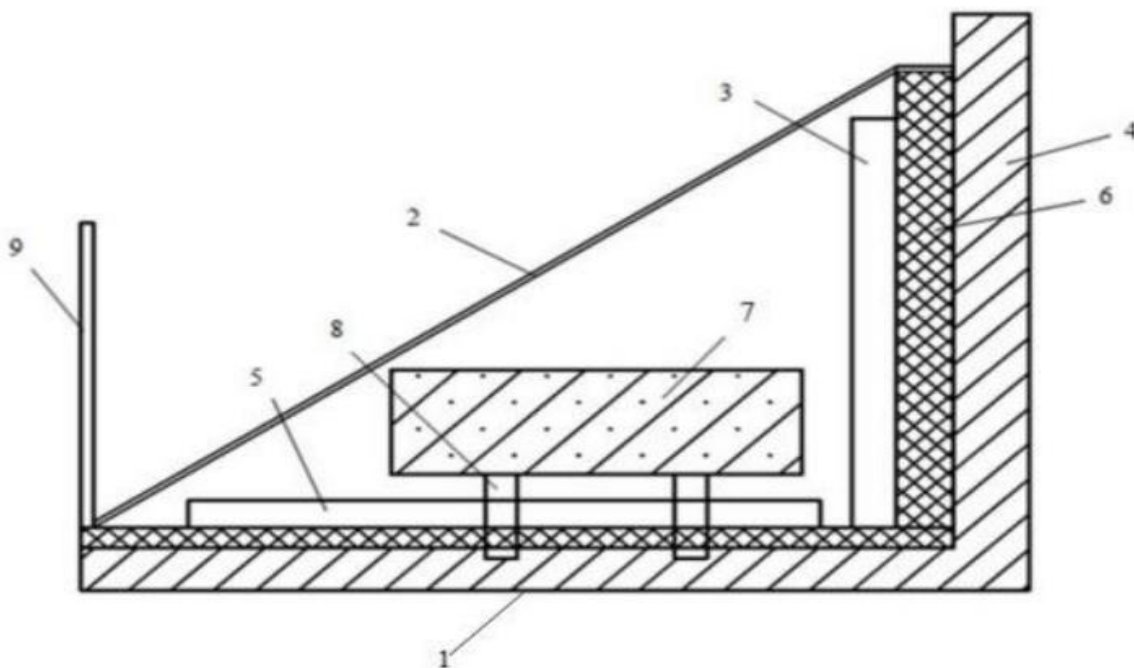
Гелиокамерада оның тиімділігі мен жылу сақтау қабілетін арттырып, гелиокамераның жылу режимін тиімді реттеуге мүмкіндік беретін тауарлық парафиндер негізіндегі фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалы бар жылуаккумуляциялаушы панель пайдаланылады.

4.6 суретте құрылыс бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеуге арналған сәйкес камерадан (1) тұратын күн энергиясын пайдаланатын қондырғының сызбасы көрсетілген. Камераның қабырғалары екі қабат мөлдір материалдан жасалған (2), камерада балқу температурасы  $+25^{\circ}\text{C}$



жылуаккумуляциялаушы материалы бар панель (3) бар. Фазалық ауыспалы материалдың балқу энтальпиясы 200-205 Дж/г құрайды.

Әзірленген камераның күн радиациясын пайдалану принциптері төмендегідей: мөлдір қос қабатты қоршаудан (2) енетін күн сәулелері камерадағы (1) ауаны қыздырады. Камерадағы температура жоғарылаған сайын бетон бұйымының (7) суы буланып, су буының әсерінен камерадағы (1) қысым 2 атмға дейін артады. Камерадағы қысымның жоғарылауы будың бетонның (7) кеуектеріне тереңірек енуіне ықпал етеді де, жылуылғалды өңдеу процесі жүреді және бетонның қатаю мен ұстасу процесі басталады.



Сурет 4.6 – Бетон мен темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын жылуаккумуляциялаушы материалмен жылулық өңдеуге арналған гелиокамераның конструктивті шешімі

Әзірленген камерада жылуаккумуляциялаушы материалы бар панельге түсетін күн радиациясы панельдегі (3) материалды қыздырады және балқытады. Күн радиациясы әсерінен жылуаккумуляциялаушы материал қатты күйден сұйық күйге фазалық ауысуы кезінде жылу энергиясы аккумуляцияланады.

Кешкі және түнгі уақытқа қарай салқындық түсуіне байланысты панельдегі балқыған жылуаккумуляциялаушы материал да салқындап, сұйық күйден қатты фазалық күйге ауысады, соның нәтижесінде жинақталған жылуды камераға қайта шығарады, нәтижесінде камераның температурасын тұрақты ұстауға және бұйымды жылуылғалды өңдеу тәртібін ұзақ уақыт сақтауға мүмкіндік береді.

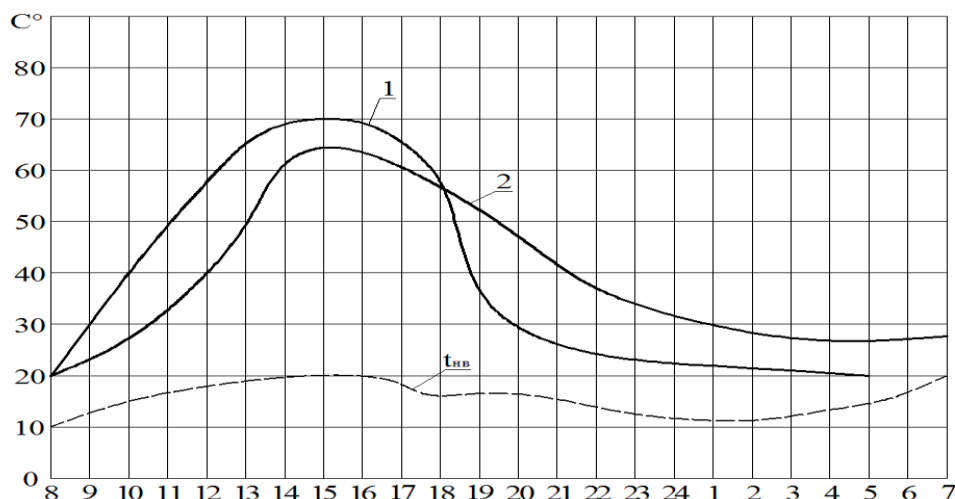
Ұсынылған гелиокамера қарапайым конструкциялық шешімге ие және бұйымдар мен конструкцияларды ұзақ мерзімді біркелкі және салыстырмалы түрде жоғары температурада, сонымен бірге энергияны үнемдейтін жылумен өңдеуді қамтамасыз етеді. Гелиокамераның әзірленген жобалық шешімі

Қазақстан Республикасының пайдалы модель патентімен қорғалған (17.08.2021 жылғы № 6631 «Күн энергиясын пайдалана отырып бетонды және темірбетон бұйымдарын жылумен өңдеуге арналған қондырғы») (7-қосымша).

Біркелкі және ұзақ қыздыру гелиокамерада (2 атмға дейін) қарқынды булануды қамтамасыз етеді, бұл құрылыс бұйымдарының беріктіктігін 5-10% арттырып, жылулық және ылғалдылық өңдеу режимін реттеуге мүмкіндік береді.

Құрылыс бұйымдарын гелиокамераларда жылумен өңдеу үшін және оларда жылуаккумуляциялаушы материалдарды қолданудың тиімділігін негіздеу үшін дәстүрлі гелиокамера конструкциялары (жылуаккумуляциялаушы материалсыз) және тауарлы парафиндер негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материалы бар гелиокамералар конструкциялары бойынша салыстырмалы тәжірибелер жүргізілді. Негізгі критерий ретінде тәулік бойындағы камералардағы ылғалдылық пен температураның өзгеруі бағаланды.

Салыстыру нәтижелері 4.7 суретте көрсетілген.



Сурет 4.7 – Тәулік бойындағы гелиокамерадағы температураның өзгерісі (Шымкент қ.) 1) дәстүрлі әдіспен 2) жылуаккумуляциялаушы материалмен

4.7 сурет мәліметтеріне сәйкес тауарлық парафиннен жасалған жылуаккумуляциялаушы материалы бар камерада температура шыңы күндізгі мезгілде ұзағырақ сақталады, ал кешке және түнде камерадағы температура жылуаккумуляциялаушы материалы жоқ камерамен салыстырғанда 10-12°C жоғары болады. Дәстүрлі гелиокамерада максималды қысым шамамен 0,9 атм, ал жылуаккумуляциялаушы материалы бар камерада 1,2 атм болатыны анықталды, бұл салыстырмалы түрде 30% жоғары [216].

Зерттеулердің нәтижелері бетон бұйымдары мен конструкцияларын жылылғалды өңдеу үшін жылуаккумуляциялаушы материалдар негізіндегі гелиокамераларды пайдалану бір мезгілде энергия ресурстарын үнемдей отырып, оңтайлы жылумен өңдеу режимін қалыптастыруға мүмкіндік беретінін көрсетті, сонымен бірге күн энергиясын пайдаланатын жүйелерде

жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдаланудың тиімділігін негіздейді.

### **Төртінші бөлім бойынша қорытындылар**

1. Күн энергиясын пассивті пайдаланатын жүйелердің жұмыс принципі негізінде және энергетикалық белсенді конструкциялардың жылу тиімділігін арттыру мақсатында ғимарат қоршау конструкцияларының жылуды жинақтайтын сыртқы қоршауының жобасы әзірленді.

2. Тауарлы парафиндер негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдаланудың тиімділігін негіздеу мақсатында сыртқы қоршау конструкциясының элементін қыздыру және кейіннен пайдалы жылуды пайдалану арқылы күн энергиясын жинақтау принципіне негізделген энергетикалық белсенді қоршау конструкциясының екі үлгісі салыстырмалы бағаланды. Бірінші үлгі Мишель-Тромбе қабырғасының схемасына сәйкес дәстүрлі қоршау конструкциясы. Екінші үлгі тауарлы парафиндер негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалы бар энергия белсенді жылуаккумуляциялаушы қабаты бар қоршау конструкциясы.

3. Теориялық есептік зерттеулер парафиндер негізінде әзірленген балқу температурасы  $25^{\circ}\text{C}$ , балқу энтальпиясы (200 Дж/г жоғары) жоғары жылуаккумуляциялаушы материалды ғимарат қоршау конструкцияларында пайдаланудың тиімділігін көрсетті. Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдалану жылуды тек жүк көтергіш қабатта сақтайтын үлгілермен салыстырғанда күндізгі жарық уақытында энергетикалық белсенді қоршау бетінің температурасын төмендетуге мүмкіндік беретіні дәлелденді. Нәтижесінде, күндізгі уақытта жинақталған энергия мөлшері 15-35% артады, ал түнде фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы қабаты бар қоршау конструкцияларының беткі қабатындағы температура, тек жүк көтергіш қабатта жылу жинақтайтын қоршау конструкциялары бетінің температурасынан жоғары болады. Нәтижесінде энергетикалық белсенді қоршау конструкцияларын пайдалану жылуды тек жүк көтергіш қабатта жинақтайтын үлгілермен салыстырғанда пайдалы жылуды 70-120% кетіруге мүмкіндік береді.

4. Шымкент қаласының климаттық жағдайларын ескере отырып, жылыту ауданы  $122 \text{ м}^2$  тең екі қабатты жеке тұрғын үйдің жобасында әзірленген жылуаккумуляциялаушы материал негізіндегі сыртқы қоршау конструкциялары үшін әзірленген құрылымдық шешімнің энергетикалық тиімділігі теориялық негізделді.

Есептеу нәтижелері көрсеткендей, тіпті суық айлардың өзінде (қараша, желтоқсан, қаңтар), сонымен бірге бұлтты күндері және күннің ұзақтығы қысқа болатын мезгілдерде де энергетикалық белсенді конструкциялардың жылу тиімділігі жоғары болуымен ерекшеленеді. Энергия белсенді қоршау конструкциясы әсіресе жылыту кезеңінің өтпелі («қыс-көктем», «күз-қыс») айларында ғимараттың жылыту жүктемесіне негізгі үлесін қосады.

Шымкент қаласының климаттық жағдайында жылу жинақтаушы қабаты бар энергетикалық белсенді конструкцияны пайдалану жеке тұрғын үй ғимаратының жылу жүктемесіндегі күн жылуының үлесі энергетикалық белсенді конструкцияның 50 м<sup>2</sup> ауданы үшін 16% құрайтынын көрсетті

5. Күн радиациясының көмегімен темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеуге арналған гелиокамераның жобасы әзірленді. Темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеу үшін гелиокамераларда тауарлы парафиндер негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалды қолданудың тәжірибелік негіздемесі жүргізілді. Бетон бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеуге арналған гелиокамера конструкцияларында жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдалану бір мезгілде энергия ресурстарын үнемдей отырып, оңтайлы жылумен өңдеу тәртібін қалыптастыруға мүмкіндік беретіні, сонымен бірге күн энергиясын пайдаланатын жүйелерде жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдаланудың тиімділігін негіздейтіні көрсетілді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

### Диссертациялық зерттеулердің нәтижелері бойынша қорытындылар

1. Тауарлық парафиндер негізінде ғимараттардың қоршау конструкциялары үшін балқу температурасы  $25^{\circ}\text{C}$  дейінгі және балқу энтальпиясы жоғары (200 Дж/г жоғары) жылуаккумуляциялаушы материал әзірленіп, оларды алудың екі негізгі әдісі ұсынылды:

- сұйық және қатты фазалық күйдегі тауарлық парафиндерді белгілі қатынаста араластыру арқылы;

- қажетті балқу температурасы және жоғары жалпы энтальпияға (200-225 Дж/г) ие бірнеше жеке н-алкандарды араластыру арқылы ЖАМ алуға негізделген..

2. Жылуаккумуляциялаушы материалдардың зерттеу әдістері мен әдістемелері жасалып, алынған жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылутехникалық және эксплуатациялық қасиеттері зерттелді.

3. Бұл жұмыста бастапқы компоненттер ретінде мұнай парафині, СТП ТУ КОМП 2-760-16 сәйкес А сорты сұйық мұнай парафині, МЕСТ 23683-89 сәйкес Т-2 маркалы қатты техникалық парафин қолданылды. Жылуаккумуляциялаушы материалдардың құрамдас бөліктерін газхроматографиялық талдау олардың СТП ТУ КОМП 2-760-16 сәйкес бастапқы сұйық парафинге және МЕСТ 23683-89 сәйкес Т-2 қатты парафинге қойылатын техникалық талаптарға сәйкестігін көрсетті.

4. Сұйық және қатты фазалық күйдегі тауарлық парафиндерді араластыру арқылы жылуаккумуляциялаушы материалдар әзірленді, олардың массалық үлесі анықталып, зертханалық зерттеулерге үлгілер дайындалды. Құрамындағы компоненттердің физикалық және жылуфизикалық қасиеттерінің айырмашылығы үлкен болуына байланысты әр түрлі фазалық күйдегі парафиндерді араластыру арқылы алынған жылуаккумуляциялаушы материалдардың балқу және фазалық ауысу энтальпиясы салыстырмалы түрде төмен болатыны анықталды. Алынған жылуаккумуляциялаушы материалда балқу мен кристалданудың бірнеше циклдарынан кейін материал қайтадан қатты және сұйық фазалық күйге бөлінетіндігі анықталды.

5. Бір-біріне жақын орналасқан н-алкандар фракцияларын араластыру арқылы қажетті балқу температурасына және жоғары балқу мен фазалық ауысулар энтальпияларына ие жылуаккумуляциялаушы материалдарды алуға болатыны негізделді.

Жеке н-алкандарды араластыру арқылы ЖАМ-ды алу әдісінің негізгі кемшілігі ол жеке н-алкандардың құнының айтарлықтай қымбаттылығында. Бұл материалдарды қолдануды арнайы техника-экономикалық сараптама үргізу қажет екендігі.

6. Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың жылутехникалық қасиеттерін салыстырмалы зерттеу нәтижелері жеке н-алкандарды араластыру негізінде әзірленген ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2

жылуаккумуляциялаушы материалдарының балқу температуралары тұрақты болатынын көрсетті. Балқу және фазалық ауысу температурасы интервалы мәндері ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 үшін 3-4°C, ал ЖАМ-25-3 үшін 7-9°C аралығында болатынын көрсетті. ЖЖМ-25-3 үшін балқу және фазалық ауысу температурасы интервалының кең болуы, алынған материалдың кең фракциялық құрамымен түсіндіріледі

7. n-алкандардың жақын фракцияларын араластыру арқылы алынған ЖАМ-25-1 және ЖАМ-25-2 жылуаккумуляциялаушы материалдарды зерттеу балқу және фазалық ауысу жылуының жеткілікті дәрежеде жоғары болатынын көрсетті (205,1-тен 206,1 Дж/г дейін).

Жылуаккумуляциялаушы материал (ЖАМ-25-3) алу үшін сұйық және қатты парафиндерді араластыру кристалдық күйдегі балқу және фазалық ауысу энтальпиясының және жалпы энтальпияның (олардың қосындысы) төмендеуіне алып келеді. ЖАМ араласпасындағы компоненттердің көбеюі энтальпия мөлшерінің төмендеуіне әкеледі, яғни, ЖАМ фракциялық құрамы неғұрлым кең болған сайын, балқу энтальпиясы төмен болады және балқу кең температуралық интервалда жүреді.

8. Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың шөгуін зерттеу шөгу коэффициентінің температураға тәуелділігін анықтауға мүмкіндік берді. Кристалдану және фазалық ауысу кезіндегі жалпы шөгу ЖАМ-25-1 үшін көлемнің 9,56%, ал ЖАМ-25-2 үшін көлемнің 10,01% құрады. ЖАМ-25-3 үшін кристалдану кезіндегі шөгу көлемнің 9,02%, кристалдық күйге фазалық ауысу кезінде көлемнің 0,77% құрайтыны, ал жалпы шөгу 9,79% болатыны анықталды.

9. Әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдардың эксплуатациялық қасиеттері зерттелді. Зерттеулер нәтижесінде парафиндер негізінде әзірленген ЖАМ-25 балқу температурасы тұрақты болатыны және қайтымдылығы, сонымен бірге балқу-кристалданудың кем дегенде 1000 циклы кезінде негізгі қасиеттерін өзгертпей жұмыс істей алатынын көрсетті және жасалған жылуаккумуляциялаушы материалдардың сыртқы түрі мен түсі, металдың тотығуына белсенділігі бағаланды.

10. Теориялық есептік зерттеулер парафиндер негізінде әзірленген балқу температурасы 25°C, балқу энтальпиясы (200 Дж/г жоғары) жоғары жылуаккумуляциялаушы материалды ғимарат қоршау конструкцияларында пайдаланудың тиімділігі негізделді. Фазалық ауыспалы жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдалану жылуды тек жүк көтергіш қабатта сақтайтын үлгілермен салыстырғанда күндізгі жарық уақытында энергетикалық белсенді қоршау бетінің температурасын төмендетуге мүмкіндік беретіні дәлелденді. Нәтижесінде, күндізгі уақытта жинақталған энергия мөлшері 15-35% артады. Түн мезгілінде дайындалған жылуаккумуляциялаушы материалдан қабаты бар қоршау конструкциялары бетінің температурасы дәстүрлі тек көтергіш қабатта жылу жинақтайтын қоршау конструкциялары бетінің температурасынан жоғары болады. Нәтижесінде энергияға белсенді қоршау конструкцияларын пайдалану

дәстүрлі жылуды тек көтергіш қабатта жинақтайтын үлгілермен салыстырғанда қосымша қолданылатын пайдалы жылуды 70-120% кетіруге мүмкіндік береді.

11. Есептеу нәтижелері ғимараттың жылыту жүктемесіне негізгі үлесті энергетикалық белсенді қоршау конструкциясы, жылу беру кезеңінің ауыспалы («қыс-көктем», «күз-қыс») айларында үлесін қосатынын көрсетті.

Шымкент қаласының климаттық жағдайында жылу жинақтаушы қабаты бар энергетикалық белсенді конструкцияны пайдалану жеке тұрғын үй ғимаратының жылу жүктемесіндегі күн жылуының үлесі энергетикалық белсенді конструкцияның 50 м<sup>2</sup> ауданы үшін 16% құрайтынын көрсетті.

12. Күн радиациясының көмегімен темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеуге арналған гелиокамераның жобасы әзірленді. Темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеу үшін гелиокамераларда тауарлы парафиндер негізінде әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалды қолданудың тәжірибелік негіздемесі жүргізілді. Бетон бұйымдары мен конструкцияларын жылумен өңдеуге арналған гелиокамера конструкцияларында жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдалану бір мезгілде энергия ресурстарын үнемдей отырып, оңтайлы жылумен өңдеу тәртібін қалыптастыруға мүмкіндік беретіні, сонымен бірге күн энергиясын пайдаланатын жүйелерде жылуаккумуляциялаушы материалдарды пайдаланудың тиімділігін негіздеді.

13. Зерттеу нәтижелерінде СТ 2425-1958-01-ГП-007-2023 «ЖАМ-25 маркалы тауарлық парафиндер негізіндегі жылуаккумуляциялаушы материал» ұйымдық стандарты мен балқу температурасы +25°С тең қоршау конструкциялары үшін әзірленген жылуаккумуляциялаушы материалдарға арналған техникалық шарттар әзірленді.

14. Диссертациялық зерттеудің нәтижелері «Төл-құрылыс» жобалау және «Оңтүстік құрылыс серфис» ЖШС базасында өндіріске ендіріліп, ғимараттардың жылуаккумуляциялаушы қабаты бар жаңа қоршау конструкцияларын жобаларын жасауға, сондай-ақ оның термиялық қарсыласуын арттыруда эксплуатацияланудағы ғимараттарды қайта термиялық жаңғыртуда қолданылады.

## ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИТЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Об утверждении Концепции развития сферы энергосбережения и повышения энергоэффективности Республики Казахстан на 2023 – 2029 годы - ИПС "Әділет" (zan.kz)
2. Л.П. Зарубина Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии. С-П: БХВ- Петербург. 2013, 406 стр.
3. Современные материалы и технологии – учеб. пособие / Н.А. Машкин и др.: Новосиб.гос.архитектур. – строит. ун-т – Новосибирск: НГАСУ, 2011 – 226 стр.
4. Бекман Г., Гилли П. Тепловое аккумулирование энергии: Пер. с англ. -М.: Мир, 1987.-272 стр.
5. Даффи Дж., Бекман У. Основы солнечной теплоэнергетики: Пер с англ. О.С. Попеля, С.Е. Фрида, Г.А. Гухмана и др: учебно-справочное руководство // Под ред. Попеля О.С. - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2013. - 888 стр.
6. Левенберг В.Д., Ткач М.Р., Гольстрем В.А. Аккумулирование тепла. - Киев: Техника, 1991. - С. 49–74.
7. Мартинэ Ж., Пёб Ж. Системы термодинамического преобразования солнечной энергии / В кн.: Солнечная энергетика; пер. с англ. и франц. под ред. д-ров техн. наук Ю.Н. Малевского и М. М. Колтуна. - М.: Мир, 1970. - С. 30 – 38.
8. Попель О.С., Фортов В.Е. Энергетика в современном мире: Научное издание. - Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2011. - 168 стр.
9. Резницкий Л. А. Тепловые аккумуляторы. - М.: 1996.- 91 стр.
10. Соренсен Б. Преобразование, передача и аккумулирование энергии: Учеб. - спр. руков. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 296с.
11. Thermal Energy Storage (Lectures of Course Held at the Joint Research Cen-tre, Ispra, June 1-5, –1981) (Berghi, G.s ed.). Dordrecht-Boston-London: D. Reidel. –1982.
12. Замараев К.И. Фотокаталитическое преобразование солнечной энергии. Ч. 1. Химические и биологические методы. - Новосибирск: Наука, 1985. - 193 стр.
13. Твайдейл Д., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. - М.: Энерго-атомиздат, 1990. - 302 с.
14. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 208 с.
15. Бабаев Б.Д., Данилин В.Н. Энергоаккумулирующие установки. Учебн. пос. - Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2002.- 199 с.
16. Васина Н.А., Грызлова С.Е., Шапошникова С.Г. Теплофизические свойства многокомпонентных систем. –М.: Химия, 1984. - 112 с.
17. Волшаник В.В., Пешнин А.Г., Хаманджода У., Щенникова Г.Н. Экологические основы использования возобновляющихся источников энергии // Вестник МГСУ, - 2010, - № 4. - Т.2. - С. 108 – 119.



18. Ozawa T., Kamimoto M., Sakamoto R., Takahashi Y., Kanari K. Screening of Eutectic Mixtures over a Range from 80 °C to 500 °C from Viewpoints of Energy Density and Material Cost. -Bull. Electrotechn. Lab., –1980, V. 44. N 11–12, p. 707–724.

19. Данилин В.Н. Физическая химия тепловых аккумуляторов. Учеб. пособие. - Краснодар: изд. КПИ, 1981. - 91 с.

20. Бабаев, Б.Д. Сравнительные характеристики различных типов аккумуляторов тепла, перспективнее направления разработок новых методов и устройств для аккумулирования тепловой энергии [Текст]: док. ведущ. спец. / Б.Д. Бабаев // Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов. – Махачкала, 2013. – С. 125–137.

21. Сотникова, О.А. Аккумуляторы теплоты теплогенерирующих установок систем теплоснабжения [Текст] / О.А. Сотникова, В.С. Турбин, В.А. Григорьев // Журнал «АВОК». – 2003. – № 5. – С. 40–44.

22. Алдияров Ж.А., Жанабай Н.Ж., Утелбаева А., Жалгасов А.Ж, Тургунова Т.К. Конструкция многослойной панели ограждения со слоем теплоаккумулирующего материала // «Chronos» (№ 6 (27), ноябрь) 2019. Russian, Moscow. P.28-32

23. Ганжа Н.Г., Хищенко А.В. Тепловое аккумулирование как способ повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения. // Журнал Энергосбережение • Энергетика • Энергоаудит. – 2012. - №03 (97). – С. 16-21.

24. Веде П.Ю., Киселкин Е.В., Аккумулирование тепловой энергии в ограждающих конструкциях зданий. Эпоха науки № 14 - Июнь 2018 г. Технические науки. – С. 165-173.

25. Алдияров Ж.А., Жанабай Н.Ж., Жалгасов А.Ж. Результаты экспериментальных исследований конструкции наружного ограждения с теплоаккумулирующим слоем. Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. - 2021. -№3 (81). – С.61-69.

26. I.O. Aimbetova, U.S. Suleymenov, O.A. Kostikov, K.E. Imanaliev, R.A.Ristavletov, M.A.Kambarov. Energoactive multilayered construction of fencing with a thermal-accumulating layer. Вестник НАН РК. - Алматы, - 2018. - №4. – С. 57-62.

27. Кириллова Е.Д., Казанцева И.О. Технологии, способствующие повышению энергоэффективности объектов строительства: аккумулирование теплоты / Е.Д. Кириллова, И. О. Казанцева. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2016. - № 28 (132). - С. 95-98.

28. Кудабаев Р.Б., Касимов И.О., Риставлетов Р.А., Калшабекова Э.Н., Камбаров М.А. Методика определения ожидаемого давления в не расширяющейся аккумулирующей конструкций. QazBSQA Хабаршысы. Құрылыс конструкциялары және материалдары. – 2023. №2 (88). - С. 219-225.

29. Кузьмин Г.П. Новые технологии использования теплоты фазовых переходов воды //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 5. (ч. 2). – С. 217–221.

30. Левина Ю.С., Усачев С.М., Усачев А.М. Получение энергосберегающих строительных материалов на основе традиционного сырья и теплоаккумулирующих добавок // Международный научно-исследовательский журнал - Воронеж, 2018. - №4 (46) - С. 124-126
31. Способ строительства энергоэффективных сооружений и система поддержания температуры в сооружении: пат. Рос. Федерация / Анпилов С.М., Анпилов М.С., Гайнуллин М.М. и др. – № 2602225, МПК E04H 5/00 (2006.01), F24D 3/14 (2006.01); заявл.29.09.2014; опубл. 10.11.16, Бюл. № 11.
32. Anusha A.S. Phase change materials // International journal of engineering research and general science. – 2016. – Vol. 4, no. 2. – P. 332–338.
33. Energy-saving outer fence with heat storage panel / K.E. Imanaliev, U.S. Suleimenov, M.A. Kambarov, R.A. Ristavletov, Kh.A. Abshenov // The Way of Science. – 2019. – № 9(67). – P. 24–27.
34. Корепанов Е.В. Температурный режим помещения с теплоаккумулирующими материалами в стенах // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. -2013. -№ 10. - URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/temperaturnyy-rezhim-pomescheniya-s-teploakkumuliruyuschimimaterialami-v-stenah>) (дата обращения: 11.10.2021).
35. Теплофизические свойства фазопереходных теплоаккумулирующих материалов, применяемых в строительстве / И.О. Аймбетова, У.С. Сулейменов, М.А. Камбаров, Э.Н. Калшабекова, Р.А. Риставлетов // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 12. – С. 9–13.
36. Дюпин А.В., Корепанов Е.В. Моделирование теплового режима помещения с учетом применения теплоаккумулирующих материалов // Dtcnybr VUCE. – 2011. – № 7. – С. 137–142.
37. Применение фазопереходных теплоаккумулирующих материалов в строительстве / В.Д. Александров, О.В. Соболев, О.В. Александрова, А.Ю. Соболев, Е.А. Покинтелица, Д.П. Лойко, Ш.К. Амерханова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Современные строительные материалы. – 2016. – № 1 (117). – С. 5–13.
38. Применение микрокапсулированных теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом в строительстве / Ф. Рёсснер, О.Б. Рудаков, Ю.С. Альбинская, Е.А. Иванова, В.Т. Перцев // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 5. – С. 64–70.
39. Применение веществ с фазовыми переходами для аккумуляции тепловой энергии / А.В. Бараненко, П.А. Кузнецов, В.Ю. Захарова, А.П. Цой // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2018. – Т. 18, № 6. – С. 990–1000.
40. Назиров Р.А., Тахтобин А.В. Материалы с изменяющимся фазовым состоянием в ограждающих конструкциях // Строительные материалы и технологии. – 2019. – № 6 (86). – С. 66–85.

41. Назиров Р.А., Тараненко Д.В., Веде П.Ю. Применение материалов с изменяющимся фазовым состоянием в ограждающих конструкциях // Строительство и реконструкция. – 2019. – № 2 (82). – С. 90–105.

42. Способ повышения теплоемкости и теплоаккумулирующей способности бетонов и строительных растворов: пат. Рос. Федерация / Назиров Р.А., Волков А.Н., Пересыпкин Е.В.; заявитель и патентообладатель Сибир. федер. ун-т. – № 2 562 633; МПК С04В 28/00 (2006.01), С04В 38/00 (2006.01); заявл. 21.11.2013; опубл. 10.09.2015.

43. Kartsonakis I.A., Podara C.V., Charitidis C.A. Towards phase change materials for thermal energy storage: classification, improvements and applications in the building sector // Applied Sciences (Switzerland). -2021. -Т. 11, №4. -Р. 1-26.

44. Теплоизолирующий чехол для лечения отморожений конечностей в дореактивный и ранний реактивный периоды: пат. Рос. Федерация / Соколов Г.Е., Карауш С.А., Бауэр В.А. и др.; заявитель и патентообладатель Томск. воен.-мед. ин-т. – № 26934, МПК А61F 7/00 (2000.01), А61F 7/03 (2000.01), А61F 7/10 (2000.01); заявл. 11.06.2002; опубл. 10.01.2003.

45. Стеновая панель здания с теплоаккумулирующей вставкой: пат. Рос. Федерация / Карауш С.А., Герасимова О.О., Сенченко В.А.; заявитель и патентообладатель Томск. гос.архитектур.-строит. ун-т. – № 201619, МПК Е04В 2/92 (2006.01), Е04В 5/48 (2006.01), Е04С 2/52 (2006.01), F24D 10/00 (2006.01); заявл. 18.02.2020; опубл. 23.12.2020.

46. Герасимова Е.А., Карауш С.А., Герасимова О.О. Стеновая панель здания с теплоаккумулирующей вставкой для эксплуатации в суровой климатической зоне // Construction and Geotechnics. – 2022. – Т. 13, № 2. – С. 44–54. DOI:10.15593/2224-9826/2022.2.04

47. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Современные энергоэффективные конструкционные и облицовочные строительные материалы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 7. – С. 76-87;

48. Халимов А.С., Ахатов Ж.С., Искандаров З.С. Ортогональное проектирование эксперимента для оптимального интегрирования фазопереходных и теплоизоляционных материалов в ограждающие конструкции здания. Проблемы информатики и энергетики. –Ташкент. 2021. – С. 57-73

49. Реезигт Х., Вильхельмус Б., Рауверс М., Гластра Х. Полимерная композиция, содержащая теплоаккумулирующий материал с изменяющимся фазовым состоянием, процесс для производства такой композиции и продукт, в который включена такая композиция. – Патент №2415899С2, РФ, 2006.

50. Петрюк И.П., Каблов В.Ф., Гайдадин А.Н., Огрель А.М., Теплоаккумулирующий материал. – Патент №2161174С2, РФ, 2006.

51. Э.М. Соколов, С.А. Васин, В.В. Соколовский, Г.Е. Мишунина, М.И. Горбачова. Композиция для изготовления стеновых изделий. Патент РФ JST 22 5591 8, МПК С04В28/02, опубл. 10.07.2005 г

52. Прошин А.П., Королев Е.В., Очкина Н.А., Прошина Н.А. Бетонная смесь. Патент РФ JST 2179160, МПК С04В28/06 опубл. 10.02.2002 г
53. Волшаник, В.В. Энергоэффективность стеновой панели с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом / В.В. Волшаник, Б.Д. Бабаев. - (Материалы). - Текст: непосредственный // Кровельные и изоляционные материалы. - 2014. - № 1. - С. 13-15.
54. Бабаев Б.Д., Данилин В.Н. Стеновая панель здания [Текст] / Б.Д. Бабаев, В.Н. Данилин – Патент №2223451, РФ, 2004.
55. Александров В.Д., Соболев О.В., Александрова О.В., Соболев А.Ю., Шевченко В.А., Шабельников К.В. Использование фазопереходных теплоаккумулирующих материалов в строительной индустрии. Межвузовский сборник статей Белгородской государственной технологической университет им. В.Г. Шухова; под ред. В.С. Богданова. – Том. Выпуск IV –С. 11-28.
56. Корепанов Е.В., Дюпин А.В. Температурный режим помещения с теплоаккумулирующими материалами в стенах// Журнал Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – Заречье, 2013. - №10. – С.60-64.
57. Дюпин А.В., Корепанов Е.В. Динамика охлаждения помещения с теплоаккумулирующими материалами в конструкциях стен // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стро-во и архит. - 2013. № 33(52). - С. 41-46.
58. Ф. Рёсснер, О.Б. Рудаков, Ю.С. Альбинская, Е.А. Иванова, В.Т. Перцев. Применение микрокапсулированных теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом в строительстве. Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Воронеж. 2012. С.64-70.
59. Перцев В.Т., Рудаков О.Б., Иванова Е.А., Альбинская Ю.С. Микрокапсулированные материалы с фазовым переходом в строительстве / Матер. XIII междунар. науч. -технич. конф. «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии». - Тульский ГУ. – Тула. - 2012 г. - С. 57-58.
60. Иманалиев К.Е., Сулейменов У.С., Камбаров М.А., Абшенов Х.А., Нурымбетова Р.У. Метод определения тепловой эффективности солнечной энергоактивной конструкции наружного ограждения здания // Вестник КазГАСА. - Алматы, 2018. -№2(68). – С. 110-115.
61. Усчев С.М., Перцев В.Т., Хавьяримана С. Теплоаккумулирующие материалы для строительных изделий и конструкций // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 2 (50). С. 68–75.
62. В.Д. Александров, О.В. Соболев, О.В. Александрова, А.Ю. Соболев, Е.А. Покинтелица, Д.П. Лойко, Ш.К. Амерханова. Применение фазопереходных теплоаккумулирующих материалов в строительстве // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Современные строительные материалы. - 2016. №1(117). – С. 5-13.
63. I.O. Aimbetova, U. S. Suleymenov, O.A. Kostikov, M.A. Kambarov, E.N. Kalshabekova, & R.A. Ristavletov. (2018). Thermal-containing materials based on

phase transition in the construction industry. *Научный журнал «Вестник НАН РК»*, (5), 37–41. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-1467.4>

64. Доценко С.П., Арустамова И.С., Фурсина А.Б. Исследование фазопереходных материалов экспериментальными методами. *Научный журнал КубГАУ*, №42(8), 2008 г. <http://ej.kubagro.ru/2008/08/pdf/07.pdf>

65. Переверзев А.Н., Калиниченко А.Ю., Асадчий О.Г. и др. Теплоаккумулирующие материалы на основе парафинов // *Материалы XXX научно-технической конференции по результатам работы профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов СевКавГТУ за 1999 год - Ставрополь: СевКавГТУ, 2000. - С. 20.*

66. Камбаров М.А., Звягина З.А., Кудабаев Р.Б., Оралбек Қ. Фазопереходная теплоаккумулирующая парафиновая композиция. *Международного научно-методического журнала «GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019: CENTRAL ASIA»*. Нұр-Сұлтан. 25-28 сентябрь – С. 294-298.

67. Бабаев Б.Д. Тепло- и холодоаккумулирующие материалы и их использование. -М.: -2002. -65 с. -Рус. -Деп. в ВИНТИ 06.02.02 -№ 245-В2002.

68. Крестовников А.Н., Вигдорович В.Н. Химическая термодинамика. - М.: Металлургия, 1973. - 256 с.

69. Магомедов М.М. Комплексная методология разработки фазопереходных теплоаккумулирующих материалов на основе многокомпонентных систем: дис. ... канд. хим. наук. - М.: РГБ, 2000. - 167 с.

70. Морачевский А.Г., Сладков И.Б. Физико-химические свойства молекулярных неорганических соединений (экспериментальные данные и методы расчета) / *Справочник*. -Л.: Химия, 1987. - 192 с.

71. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: уч. пос./ А. да Роза; пер. с англ. Под ред. С.П. Малышенко, О.С. Попеля. - Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект»; - М.: Издательский дом МЭИ; 2010. - 704 с.

72. Кудря С.А., Побережнюк М.М., Минченков Т.Г. Аккумуляция тепла низкоплавкими расплавами // *Гелиотехника*. -1984. -№3. - С.22–24.

73. Туровский В.Б., Штер Г.Е, Трунин А.С., Савушкина И.Н. Энергоемкие солевые композиции на основе системы их фторидов и хлоридов лития и магния для аккумуляции солнечной энергии. В сб.: *Использование Солнца и других источников лучистой энергии в материаловедении*. - Киев: Наукова думка, 1983. - С. 238–243.

74. Гаркушин Н.К., Темирбулатова О.В., Сечной А.И., Трунин А.С. Химическое взаимодействие в пятикомпонентной взаимной системе из хлоридов и вольфраматов натрия, калия, кальция и бария // *Журн. неорганической химии*. - 1994. -Т.39. - №10. - С.1734–1737.

75. Гасаналиев А.М., Магомедов М.М., Бабаев Б.Д. Система  $MgF_2-Li_2SO_4-LiF$ : тез. докл. XII Российской конференции по физической химии и

электрохимии расплавленных и твердых электролитов. - Нальчик: - 2001. - Т I. - С. 98 – 101.

76. Справочник по плавкости систем из безводных неорганических солей / Под ред. Воскресенской Н.К. -М.: Л.: АН СССР, 1961 -Т.2. -592с. Системы тройные и более сложные.

77. Справочник по расплавленным солям: Пер. с англ. под ред. Морачевского А.Г. -М: Химия, 1971. -Т. 3.-240 с.

78. Трунин А.С. Комплексная методология исследования многокомпонентных систем. - Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 1997. - 308 с.

79. Трунин А.С., Лосева М.А., Космынин А.С. Высокотемпературные энергоемкие фазопереходные материалы на основе солевых систем. -Самара: Самар. ГТУ, 1995. – 11 с. - Деп. в ВИНТИ 21.08.95 №2478-B95.

80. Бараненко А.В., Кузнецова П.А., Захарова В.Ю., Цойс А.П., Применение веществ с фазовыми переходами для аккумуляции тепловой энергии. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2018, том 18, № 6. – С. 990-1000.

81. Михайлик В.А., Снежкин Ю.Ф., Коринчевская Т.В., Парняков А.С., Постников В.А. Теплофизические свойства композиционных теплоаккумулирующих материалов на основе органических соединений. Термодинамика и процессы переноса. ISSN 0204-3602. Пром. теплотехника, 2011, т. 33, №5. – С. 96-103

82. Альбинская Ю.С., Усачев С.М., Ресснер Ф., Рудаков О.Б. Направления создания микрокапсулированных теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета: физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – 2013. - №2(7). – С.21-28.

83. Pielichowski, K. Phase change materials for thermal energy storage / K. Pielichowski [et al.] // Progress Meter. Sci. – 2014. – Vol. 65. – P. 67–123.

84. Кенисарин М.М. Кратковременное аккумулирование солнечной энергии. Низкотемпературные фазопереходные материалы. «Гелиотехника», Изд-во Фан, 1993, № 2 - 46-64 с.

85. Аймбетова И.О., Сулейменов У.С., Камбаров М.А., Калшабекова Э.Н., Риставлетов Р.А. Теплофизические свойства фазопереходных теплоаккумулирующих материалов, применяемых в строительстве // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 12-1. – С. 9-13.

86. Бабаев Б.Д. Принципы теплового аккумулирования и используемые теплоаккумулирующие материалы // Теплофизика высоких температур. - Махачкала, 2014. - №5. - С. 770-776.

87. Голованова Т.Н. Фазовые равновесия в системах n-парафинов и насыщенных жирных кислот: Дис. ... канд. хим. наук: 02.00.04: Краснодар, 2003 130 с. РГБ ОД, 61:04-2/118-5.

88. Григорьев И.С., Дедов А.В., Елецкий А.В. Фазоизменяемые материалы и энергетика Теплоэнергетика, 2021, -М.: № 4, стр. 3-17

89. Цымбалюк, Ю.В. Исследование процессов с фазами переходами материалов с пластинчатыми инклюзивами в тепловых аккумуляторах: Дис.... кан. тех. наук: 01.04.14: Астрахань, 2006 122 с.

90. Дибиров Я.А. Фазопереходные теплоаккумулирующие материалы на основе пятикомпонентной взаимной системы Li,Ca//F,Cl,SO<sub>4</sub>,MoO<sub>4</sub>: диссертация ... кандидата химических наук: 02.00.04 / Дибиров Яхя Алиевич; [Место защиты: Дагестан. гос. ун-т]. - Махачкала, 2009. - 118 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-2/377

91. Будлянский С.В., Редько А.Ф., Чайка Ю.И. Сравнение теплоаккумулирующих материалов с фазовым переходом для систем солнечного теплоснабжения. URL:<http://eprints.kname.edu.ua/38329/1/41-44.Pdf>.

92. Моржухин, А.М., Моржухина, С.В., Назмитдинов, Р.Г., & Мойя-Полл, А. Теплоаккумулирующие материалы (обзор). Журнал Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». 2016. № 4(36) – С. 24-33.

93. Pielichowska, K. Phase change materials for thermal energy storage / K. Pielichowska [et al.] // Progress Mater. Sci. – 2014. – Vol. 65. – P. 67–123.

94. Гаматаева, Г.Ю. Техничко-эксплуатационные свойства теплоаккумулирующих материалов / Г.Ю. Гаматаева [и др.] // Материалы X Всероссийской научной конференции. Издательство: Северо- Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова (Владикавказ). – 2016. – С. 187–190.

95. Гасаналиев, А.М. Теплоаккумулирующие свойства расплавов / А.М. Гасаналиев, Б.Ю. Гама-таева. // Успехи химии. - 2000. -Т. 69. -№ 2. -С. 192-200.

96. Vitorino, N. Quality criteria for phase change materials selection / N. Vitorino [et al.] // Energy Con- version and Management. – 2016. – Vol. 124. – P. 598–606; 10.1016/j.enconman.2016.07.063.

97. Lin, Y. Review on thermal performances and applications of thermal energy storage systems with in-organic phase change materials / Y. Lin [et al.] // Ener-gy. – 2018. – Vol. 165. – P. 685–708.

98. Liu, L. Thermal conductivity enhancement of phase change materials for thermal energy storage: a review / L. Liu [et al.] // Renewable Sustainable Energy Rev. – 2016. – Vol. – 62. – P. 305–317.

99. Conroy, T. Thermohydraulic analysis of single phase heat transfer fluids in CSP solar receivers / T. Conroy [et al.] // Renewable Energy. – 2018. – Vol. 129. – P. 150–167.

100. Боровская, Л.В. Исследование термодина-мических свойств карбоновых кислот методом ДСК / Л.В. Боровская // Фундаментальные исследования. Химические науки. – 2013. – № 6. – С. 1120–1123.

101. Alva, G. Thermal energy storage materials and systems for solar energy applications / G. Alva [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Vol. 68. – P. 693–706.

102. Мозговой, А.Г. Теплофизические свойства теплоаккумулирующих материалов. Кристаллогидраты: Обзоры по теплофизическим свойствам веществ / А.Г. Мозговой [и др.] // ТФЦ. - М.: ИВТАН. - 1990. - Т. 82. - № 2. - С. 3-105.
103. Wei, G. Selection principles and thermophysical properties of high temperature phase change materials for thermal energy storage: A review / G. Wei [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2018. - Vol. 81. - P. 1771-1786.
104. Qureshi, Z.A. Recent advances on thermal conductivity enhancement of phase change materials for energy storage system: A review / Z.A. Qureshi [et al.] // International Journal of Heat and Mass Transfer. - 2018. - Vol. 127. - P. 838–856.
105. Vadhera, J. Study of Phase Change materials and its domestic application / J. Vadhera [et al.] // Materials Today Proceedings. - 2018. - Vol. 5. - P. 3411-3417.
106. Lin, Y. Review on thermal conductivity enhancement, thermal properties and applications of phase change materials in thermal energy storage / Y. Lin [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2018. - Vol. 82. - P. 2730-2742.
107. Dannemand, M. Laboratory test of a cylindrical heat storage module with water and sodium acetate tri-hydrate / M. Dannemand [et al.] // Energy Procedia. - 2016. - Vol. 91. - P. 122-127.
108. Dong, O. A novel eutectic phase-change material:  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{KCl}$  / O. Dong [et al.] // Calphad. – 2018. – Vol. 63. – P. 92–99.
109. Wang, W.W. Parameter effect of a phase change thermal energy storage unit with one shell and one finned tube on its energy efficiency ratio and heat storage rate / W.W. Wang [et al.] // Applied Thermal Engineering. - 2016. - Vol. 93. - P. 50-60.
110. Risti, A. Engineering and processing of PCMs, TCMs and sorption materials / A. Risti [et al.] // Energy Procedia. - 2016. - Vol. 91. - P. 207 - 217.
111. Koukou, M.K. Experimental and computational investigation of a latent heat energy storage system with a staggered heat exchanger for various phase change materials / M.K. Koukou [et al.] // Thermal Science and Engineering Progress. – 2018. – Vol. 7. – P. 87–98.
112. Bhatt, V.D. Thermal Energy Storage Capacity of some Phase changing Materials and Ionic Liquids / V.D. Bhatt [et al.] // International Journal of ChemTech Research. – 2010. – Vol. 2. – No. 3. – P. 1771–1779.
113. Browne, C. Investigation of the corrosive properties of phase change materials in contact with metals and plastic / C. Browne [et al.] // Renewable Energy. – 2017. – Vol. 108. – P. 555–568.
114. Judith, C.G. High-Temperature Phase Change Materials (PCM) Candidates for Thermal Energy Storage (TES) Applications High-Temperature Phase Change Materials (PCM) Candidates for Thermal Energy Storage (TES) // Applications. – 2011; doi: doi:10.2172/1024524.



115. Taylor, R.A. Experimental characterisation of sub-cooling in hydrated salt phase change materials / R.A. Taylor [et al.] // Applied Thermal Engineering. – 2016. – Vol. 93. – P. 935–938.
116. Souayfane, F. Phase change materials (PCM) for cooling applications in buildings: a review / F. Souayfane [et al.] // Energy Build. - 2016. - Vol. 129. - P. 396–431.
117. Zhang, S. Thermodynamics behavior of phase change latent heat materials in micro-/nanoconfined spaces for thermal storage and applications / S. Zhang, Z. Wang // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 82. – P. 2319–2331.
118. Li, T.X. Experimental investigation on copper foam/hydrated salt composite phase change material for thermal energy storage / T.X. Li [et al.] // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2017. – Vol. 115. – P. 148–157.
119. Wei, G. Selection principles and thermophysical properties of high temperature phase change materials for thermal energy storage: A review / G. Wei [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2018. - Vol. 81. - P. 1771-1786.
120. ГОСТ 30494-2011 Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. - М.: Стандартинформ 2013. -15 с.
121. Гладышев Н.Ф. Разработка теплоаккумулирующих материалов и технологии их производства для использования в средствах защиты изолирующего типа. - Тамбов, 2009. - 78 с.
122. Данилин В.Н., Шабалина С.Г. Теплоаккумулирующие материалы на основе высокомолекулярных соединений // Физико-химический анализ свойств многокомпонентных систем. - 1995. - Вып. 3. - С. 20-24.
123. Хрисониди В.А., Джамирзе, Р.К. Современные фазопереходные материалы, применяемые в качестве нетрадиционного источника энергии. The scientific heritage. - 2020. - № 46. – С.60-63.
124. Ю. М. Соловей Основы строительного дела/ - М.: Стройиздат, 1989. - 429с. Требования к зданиям и их классификация (helpiks.org)
125. Хадисова Ж.Т. Влияние химического состава нефтяных парафинов на их физико-механические свойства: Дис. ... канд. хим. наук. - Краснодар, 2004. - 112 с.
126. Богданов Н.Ф., Гладышев В.П. Определение прочности твердых парафинов на излом // Нефтепереработка и нефтехимия. - 1997. - №9. -С.25-26.
127. Яковлев С.П., Сухов В.А., Чебанов Ю.А. Тепловой расчет кристаллизатора смешения для производства парафинов и масел // Нефтепереработка и нефтехимия. - 1991. - № 5. - С. 45-48.
128. Голованова Т.Н., Данилин В.Н., Доценко С.П. Исследование диаграмм плавкости двойных систем насыщенных жирных кислот и н-парафинов // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Наука XXI веку». - Майкоп, 2003. - С. 112.

129. Бабаев Б.Д. Сравнительный анализ энергетической эффективности стеновой панели с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом // Мониторинг. Наука и технологии. - 2015. - № 4(25). - С. 96-99.
130. Береговой А.М. Наружное ограждение здания в условиях воздействия рассеянной энергии природной среды // Вестник ПГУАС: Строительство, Наука и образование. - 2017. - Вып. 2(5). - С. 4-7.
131. Шишов М.Г., Кирсанов Ю.Г. Расчетные и графические методы определения свойств нефти и нефтепродуктов: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. - 136 с.
132. Снежкин Ю.Ф., Михайлик В.А., Коринчевская Т.В., Воробьев Л.И., Декуша Л.В. Удельная теплоемкость и теплопроводность теплоаккумулирующих материалов на основе парафина, буроугольного и полиэтиленового восков // Problemele energeticii regionale. Termoenergetică. - 2014. - Вып. 2(25). - С. 38-45.
133. Кузнецов М.А., Харин В.Е., Герасимов А.А., Григорьев Б.А. Изобарная теплоемкость жидких n-алканов C<sub>7</sub>-C<sub>10</sub> при температурах 293-630 К и давлениях до 60 МПа // Известия ВУЗов. Серия: Нефть и газ. - 1988. - № 11. - С. 49.
134. Гайсина А.Р. Разработка методов оценки физико-химических свойств нефтяных углеводородных систем: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. - Уфа, 2009. - 17 с.
135. Переверзев А.Н., Калиниченко А.Ю., Баташева А.А. Применение n-алканов в качестве ТАМ как экологически безопасного материала // Материалы VII региональной научно-технической конференции «Вузовская наука - СевероКавказскому региону». Естественные и точные науки, технические и прикладные науки. - Ставрополь: СевКавГТУ, 2003. - Т.1. - С. 110.
136. Переверзев А.Н., Гладышев В.П., Ромашко М.М. Температуры плавления n-алканов, СЖК, ВЖС и алкилборатов // ЦЖИТЭнефтехим. - 1989. - 123с.
137. Козлова К.С., Шкорко М.Ю., Журович Е.А., Постникова П.И., Цыгвинцев И.В., Сенцов И.В., Матирный А.А. Аккумуляция тепла в тепловом аккумуляторе для дежурного отопления индивидуального дома // Синергия наук. 2017. № 9. - С. 353 - 365.
138. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. - 194 с : ил.
139. Быстров В.П., Ливчак А.В. Теплоаккумуляторы с использованием фазового перехода // Вопросы экономии теплоэнергетич. ресурсов в системах вентиляции и теплоснабжения. - М.: Изд. ЦНИИЭПИО, 1984. - 12 с.
140. Дибиров Я.А., Вердиев Н.Н., Арбуханова П.А. Фазопереходные теплоаккумулирующие материалы на основе галогенидов и сульфатов щелочноземельных металлов // Тез. докл. на Всеросс. научно-практической

конф. «Современные проблемы химии и нефтехимии: наука, образование, производство, экология». Махачкала, 2008 г. - С. 38 - 39.

141. Калшабекова Э.Н. Аймбетова И.О., Сулейменов У.С., Риставлетов Р.А., Камбаров М.А., Кудабаев Р.Б. Влияние компонентного состава теплоаккумулирующих материалов на основе товарных парафинов на их физико-химические и теплофизические свойства. Вестник КазГАСА. Секция «Строительные конструкции и материалы». – Алматы, 2020. - №1 (75). – С.212-222.

142. Левшицкая, О.Р. Теплоаккумулирующие материалы с изменяемым фазовым состоянием: основные характеристики и области применения / О.Р. Левшицкая // Новые горизонты – 2016: сборник материалов III Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума, 29-30 ноября 2016 года. – Минск: БНТУ, 2016. – С. 197-198.

143. СТП ТУ КОМП 2-760-16. Парафин нефтяной, жидкий марки А. - М., 2004. - 18 с.

144. ГОСТ 23683-89. Парафины нефтяные твердые.

145. Парафины - Справочник химика 21 (chem21.info)

146. Калиниченко А.Ю. Разработка и исследование теплоаккумулирующих материалов на основе жидких парафинов: Дис. ... канд. техн. наук. - Ставрополь, 2004. - 145 с.

147. Патент 2008776 Российская Федерация, А41D13/00 Теплоаккумулирующий материал. / Пармон В.Н.; Левицкий Э.А.; Елохина Н.В.; Загоруйко А.Н.; Егиазарян Г.Г. патентообладатель Институт катализа СО РАН -№ 4889051/12.

148. Аймбетова И.О., Сулейменов У.С., Хадзарагова Е.А., Алкацев М.И. Исследование теплофизических и эксплуатационных свойств теплоаккумулирующих материалов на основе парафинов. ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020; (11-1): 6-17. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-111-0-6-17

149. Аймбетова И.О., Сулейменов У.С., Риставлетов Р.А., Калшабекова Э.Н., Кудабаев Р.Б. Тауарлық парафиндер негізінде жылу жинақтағыш материалдарды алудың оңтайлы тәсілдері. «М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті» ШЖҚ РМК «Механика және технологиялар» ғылыми журналы, Құрылыс материалдары секциясы. – Тараз, 2020. - №2. – С.210-219

150. Аймбетова И.О., Сулейменов У.С., Риставлетов Р.А., Калшабекова Э.Н., Камбаров М.А., Кудабаев Р.Б. Получение композиций теплоизоляционных материалов на основе жидких парафинов и n-алканов. Путь науки. Международный научный журнал. Волгоград, 2019. - №9 (67). – С. 20-24

151. Переверзев А.Н., Калиниченко А.Ю., Овчаров С.Н. Разработка теплоаккумулирующих материалов на основе жидких парафинов, их фракций и индивидуальных n-алканов // Известия ВУЗ. Технические науки, приложение №2. - Новочеркасск, 2004. - С. 131-134.

152. Сулейменов У.С., Аймбетова И.О., Риставлетов Р.А., Кудабаяев Р.Б. Получение теплоаккумулирующих материалов смещением индивидуальных n-алканов и их теплофизические свойства. Научный аспект (ИФ-0,037), №3, Самара, 2019. - С.231-235.
153. ГОСТ 4255-75. Нефтепродукты. Метод определения температуры плавления по Жукову. - М.: Издательство стандартов, 1976. - 2 с.
154. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. - М.: Издательство стандартов, 1985. - 37 с.
155. ГОСТ 33-2000. Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости. – Минск: Издательство стандартов, 2000. - 23с.
156. Андреев С.А., Шибаров Д.В. Оценка эффективности инерционных динамических аккумуляторов в системах автономного электроснабжения // International Innovation Research: Сборник статей VI Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2017. С. 51-54
157. ГОСТ 27808-88. Парафины нефтяные жидкие. Определение ароматических углеводородов спектрофотометрическим методом. - М.: Издательство стандартов, 1988. - 10с.
158. ТУ 0255-043-04689375-95. Парафин нефтяной жидкий C<sub>14</sub>-C<sub>17</sub>. - М., 1995. - 36 с.
159. Леонидов А.Н., Переверзев А.Н., Мартыненко А.Г., Альперович Н.В. Расчет составов фаз при кристаллизации смеси n-алканов C<sub>12</sub>-C<sub>24</sub> // Химия и технология топлив и масел. - 1981. - № 5. - С. 42.
160. ГОСТ 530-2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. ООО «ВНИИСТРОМ «НЦК»». 2013. -30с.
161. ГОСТ 10667-90. Стекло органическое листовое. Технические условия. 07.11.2012 07.11.2012 01.07.1991.
162. ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия». -М.: Стандартинформ, 2008. -14с.
163. ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» (введен в действие постановлением Госстроя РФ от 17 июня 1994 г. N 18-43). (с изменениями от 10 декабря 1997 г., 4 декабря 2000 г., 3 июня 2002 г.)
164. ҚР СТ 1217-2003. Песок для строительных работ. Методы испытаний. Введен приказом Комитета по стандартизации, метрологии и сертификации Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан от «19» декабря 2003 г. № 513.
165. ГОСТ Р 10181-2014. Смеси бетонные. Методы испытаний. Межгосударственный стандарт. 2014. -28с.
166. ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава. -М.: Стандартинформ, 2008. -7с.
167. ГОСТ 7473-2018 Смеси бетонные. Технические условия. -М.: Стандартинформ, 2018. -23с.

168. ГОСТ 12730.1-2020 Бетоны. Методы определения плотности. -М.: Стандартинформ, 2021. -18с.
169. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. -М.: Стандартинформ, 2021. -34с.
170. ГОСТ 24816-2014 Строительные материалы. Метод определения равновесной сорбционной влажности. -М.: Стандартинформ, 2021. -7с.
171. ГОСТ 22730.3-2020 Бетоны. Методы определения водопоглощения. -М.: Стандартинформ, 2021. -7с.
172. ГОСТ 30494-2017 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». -М.: Госстрой России, - 2013. - 191с.
173. Аймбетова И., Калшабекова Э., Риставлетов Р. и др. Разработка и исследование теплоаккумулирующих материалов на основе товарных парафинов с заданными теплотехническими свойствами для ограждающих конструкций зданий / Отчет О НИР АР05130618. – Туркестан, 2019. – 45 с.
174. Пат. РФ № 02098446 МКИ6 С09К5/06 Теплоаккумулирующий материал / В.Н. Данилин, Л.Б. Беззабарова, А.Г. Долесов, А.М. Бижанов, Оpubл. 10.12.1997. Заяв. 4945481/04 19910614.
175. Пат. RU2691958С1 Российская Федерация. Способ определения содержания парафина в нефти, нефтепродуктах и нефтесодержащих отложениях / Суховерхов С.В., Логвинова В.Б.; опубл. 19.06.2019. Бюл. № 17.
176. Пат. RU2708577С1 Российская Федерация. Способ получения парафиновых теплоаккумулирующих материалов и устройство для его осуществления / Вишневский А.В., Круглов С.С., Паташников Г.Л.; опубл. 09.12.2019 Бюл. № 34.
177. Сулейменов У.С., Кудабаев Р.Б., Жаңабай Н.Ж., Абшенов Х.А. Результаты исследования усадки теплоаккумулирующих материалов на основе битумопарафинов в зависимости от температуры // Вестник КазГАСА №3(77). - Алматы, 2020. – С.172-179.
178. Аллахвердян, Н.Л. Аккумуляторы тепловой энергии и их применение / Н.Л. Аллахвердян. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2016. - № 8 (112). – С. 174-176.
179. Серов С.Ф., Дегтярев Н.С. Новые технологии и оборудование. Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 10, ч. 2. – С. 40-45.
180. Плотность (studylib.ru)
181. Пат. RU2176260С1 Российская Федерация. МКП7 С09К5/06 Теплоаккумулирующий материал / В.Н. Данилин, А.В. Марцинковский, С.П. Доценко, А.Г. Долесов, Оpubл. 27.11.2001. Заяв. 2000118202/04, 10.07.2000
182. Aiyymbetova I.O., Suleymenov U.S., Ristavletov R.A., Kalshabekova E.N., Kudabayev R.B., Saparov S.A., Bekbatyrkyzy L. Shrinkage of heat storage material obtained by mixing commercial liquid and solid paraffin's. European journal of natural history. Technical sciences. – 2020. - №3. – С.46-50.
183. Аймбетова И., Калшабекова Э., Риставлетов Р. и др. Разработка и исследование теплоаккумулирующих материалов на основе товарных

парафинов с заданными теплотехническими свойствами для ограждающих конструкций зданий / Отчет О НИР АР05130618. – Туркестан, 2018. – 40 с.

184. Лыков А.В. Сопряженные задачи конвективного теплообмена / А.В. Лыков, В.А. Алексащенко, А.А. Алексащенко. – Минск: Изд-во Беларус. ун-та, 1971. – 346 с.

185. В.Д. Александров, О.В. Соболев, О.В. Александрова, А.Ю. Соболев, Е.А. Покинтелица, Д.П. Лойко, Ш.К. Амерханова. Применение фазопереходных теплоаккумулирующих материалов в строительстве // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Современные строительные материалы. - 2016. №1(117). – С. 5-13.

186. Брызгалин В.В., Соловьев А.К. Использование пассивных систем солнечного отопления как элемента пассивного дома // Вестник МГСУ. 2018. - Т. 13. Вып. 4 (115). С. 472–481.

187. Р.А. Шепс, Н.В. Портнова, Т.В. Щукина, И.И. Переславцева. Вестник Воронежского государственного технического университета. -Т. 14. № 3. 2018. – С.46-51

188. Маркова О.К. Учебное пособие. Архитектура малоэтажных жилых домов с использованием возобновляемых источников энергии: учебное пособие по проектированию/ О.К. Маркова, -М.: Полиграфия МАРХИ, 2014. - 63с.

189. Серов С.Ф., Дегтярев Н.С. Системы аккумуляции теплоты в системах теплоснабжения индивидуальных домов // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 10. - С. 36-39.

190. К.Е. Иманалиев, Т.П. Раимбердиев, У.С. Сулейменов, М.А. Камбаров, А.А. Сарсенбаев, Х.А. Абшенов, Р.Б. Кудабаев. Конструкция ограждения с энергоактивной панелью. Патент на полезную модель №4426, 2019

191. СП РК 2.04-01-2017 Строительная климатология

192. СП РК 2.04-107-2013 Строительная теплотехника

193. Р.Б. Кудабаев, А.А. Жумабаев, У.С. Сулейменов, М.А. Камбаров, Р.А. Риставлетов, Э.Н. Калшабекова. Математическая модель теплообмена при фазовом переходе теплоаккумулирующего материала. ВЕСТНИК ЕНУ имени Л.Н. Гумилева. Серия технические науки и технологии. - Нур-Султан, 2022. - №2(139). – С.102-110

194. Лыков А. В. Тепломассообмен: Справочник / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1978. – 479 с.

195. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справ. пособ / С.С. Кутателадзе. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.

196. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справ. / Е.В. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др. - М.: Энергоиздат, 1982. - 512 с.

197. Бринкворт Б.Дж. Солнечная энергия для человека / Б.Дж. Бринкворт. – М. Мир, 1976. - 286 с.

198. Маляренко В.А. Основы теплофизики здания / В.А. Маляренко. Учебник. – Харьков: ХНАГХ, 2006. – 499 с.
199. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) / В.Н. Богословский. – М.: АВОК Северо-Запад, 2006. – 400 с.
200. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.
201. Caldwell J., Kwan Y.Y. A brief review of several numerical methods for one-dimensional Stefan problems // Thermal Science. - 2009. - Vol. 13, № 2. - P. 61-72.
202. R.Kudabayev, U.Suleimenov, R.Ristavletov, I.Kasimov, M.Kambarov, N.Zhangabay, Kh.Abshenov Modeling the Thermal Regime of a Room in a Building with a Thermal Energy Storage. Mathematical Modelling of Engineering Problems Vol. 9, №2, April 2022, pp. 351-358 Journal homepage: <https://doi.org/10.18280/mmep.090208>
203. N.Zhangabay, R.Kudabayev, N.Mizamov, K.Imanaliyev, A.Kolesnikov, A.Moldagaliyev, A.Umbitaliyev, B.Kopzhassarov, R.Fediuk, A.Merekeyeva. Study of the model of the phase transition envelope taking into account the process of thermal storage under natural draft and by air injection. Case Studies in Construction Materials Volume 18, July 2023, e02050 <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02050>
204. Расчёт систем солнечного теплоснабжения: пер.: с англ. / Бекман У., Клейн С., Дж. Даффи. – М.: Энергоиздат, 1982. – 80стр.
205. СН РК 2.04-04-2011 «Тепловая защита зданий». Агентство Республики Казахстан по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства. – Астана, 2012. – 50 с.
206. МСП 2.04 – 101-2001 «Проектирование тепловой защиты зданий». – М.: Госстрой России, 2001.
207. СП РК 2.04-01-2017
208. Н.И. Подгорнов, Д.Д. Коротеев. Энергетическая оценка использования солнечной энергии для термообработки железобетонных изделий. Вестник РУДН, серия Инженерные исследования, 2011, №2 - С. 70-76.
209. Подгорнов Н.И. Термообработка бетона с использованием солнечной энергии: Научное издание. - М.: Издательство АСВ, 2010. -328 с.
210. Подгорнов Н.И., Коротеев Д.Д. Теплоаккумулирующие и комбинированные энергетические системы, и установки для термообработки бетона с использованием солнечных энергий. Строительство и реконструкция. №424 (572). - М., 2009. Выпуск 2(7). –С. 70-76.
211. Орозбеков М.О. Комбинированная гелиотермообработка сборного железобетона. Отв. ред. Е.Н. Малинский; НАН Киргизской Республики. - Бишкек: Илим, 1994. - 154 с.
212. Аруова, Лязат Боранбаевна. Теоретические и практические аспекты комбинированной солнечно-тепловой обработки бетона в условиях сухого

жаркого климата Республики Казахстан: дис.... д-ра техн. наук. технические науки. - М., 2006. - 242 с.

213. Усмонов Ф.Б. Изучение прогрева бетона в теплоаккумулирующих гелиокамерах. // Сб. научных трудов. II международная научная конференция 26-27 июня 2016 г. Актуальные вызовы современной науки. Украина. Переяслав-Хмельницкий, 2016. С. 129-131

214. Kudabayev R.B., Suleimenov U.S. Review of solar chamber designs for heat treatment of concrete and concrete products. XI International Annual Conference “Industrial Technologies and Engineering – ICITE-2022”. - Shymkent, pp.319-322

215. Сулейменов У.С., Кудабаяев Р.Б., Камбаров М.А., Абшенов Х.А., Калшабекова Э.Н. Установка для термообработки бетонных и железобетонных изделий с использованием солнечной энергии. Патент на полезную модель №6631. 2021

216. Кудабаяев Р.Б., Сулейменов У.С. Установка для термической обработки железобетонных изделий и конструкций с использованием солнечной энергии. Publisher. Agency: Proceedings of the 4th International Scientific Conference «Research Retrieval and Academic Letters» (December 7-8, 2023). Warsaw, Poland, 2023. С.121-126.



## СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

НАО «Южно-Казакхстанский университет им. М. Ауэзова»  
Министерства науки и высшего образования

КПВЭД 20.14.11

МКС 71.100.40

УТВЕРЖДАЮ

Председатель правления-ректор

Д. Кожамжарова

« 23 » \_\_\_\_\_ 2023 г.



Теплоаккумулирующий материал на основе товарных парафинов  
марки ТАМ-25

## ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

СТ 2425-1958-01-ГП-007-2023

(Вводится впервые)

Срок действия с

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023г.

## РАЗРАБОТАН

магистр технических наук, старший  
преподаватель кафедры «Строительные  
материалы и экспертиза в  
строительстве» ЮКУ им. М. Ауэзова

 Р. Кудабаяв  
д.т.н, профессор кафедры  
«Архитектура» ЮКУ им. М. Ауэзова

 У. Сулейменов

« 20 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2023г.

Держатель подлинника:  
НАО «ЮКУ им. М. Ауэзова»  
г. Шымкент,  
проспект Тауке-хан, 5  
тел.: +7 (7252) 21-08-94  
факс: +7 7252-21-01-41  
e-mail: [info@aezov.edu.kz](mailto:info@aezov.edu.kz)

Шымкент

## СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

### Теплоаккумулирующий материал на основе товарных парафинов марки ТАМ-25

#### 1 Область применения

Настоящий стандарт организации распространяется на теплоаккумулирующий материал на основе товарных парафинов с температурой плавления до 25 °С (далее – ТАМ-25), получаемой смешением исходного жидкого и твердого парафинов в различных массовых долях ( $C_{14}H_{30}$  -  $C_{17}H_{36}$  – 55,5%;  $C_{18}H_{38}$  –  $C_{21}H_{44}$  – 44,5%) при температуре 50-55°С.

ТАМ-25 предназначен в качестве теплоаккумулирующего вещества при изготовлении многослойных ограждающих конструкций зданий с заданными эксплуатационными свойствами.

Требования к продукции по показателям безопасности указаны в разделе 4, к качеству продукции – 3.2, маркировке – 3.4, упаковке – 3.5.

Настоящий стандарт организации является объектом авторского права и может распространяться только с разрешения НАО «ЮКУ им. М. Ауэзова».

#### 2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта организации необходимы следующие ссылочные нормативные документы:

Технический регламент Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 041/2017 «О безопасности химической продукции» (принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 3 марта 2017 года №19)

Технический регламент «Требования к упаковке, маркировке, этикетированию и правильному их нанесению» (утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от 21 марта 2008 года № 277).

Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 05/2011 «О безопасности упаковки», утвержденный Решением Комиссии Таможенного союза от 16 августа 2011 г. № 769.

Технический регламент «Общие требования к пожарной безопасности», (утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от 16 января 2009 года № 14).

Технический регламент «Требования к сигнальным цветам, разметкам и знакам безопасности на производственных объектах» (утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от 29 августа 2008 года № 803)

СТ РК ГОСТ Р 12.4.026-2002 Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Общие технические условия и порядок применения.

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.4.021-75 Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования.

ГОСТ 12.4.103-83 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация.

ГОСТ 1510-84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

ГОСТ 2477-65 Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды.

ГОСТ 2517-2012 Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.

ГОСТ 3900-85 Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности.

ГОСТ 4255-75 Нефтепродукты. Метод определения температуры плавления по Жукову.

ГОСТ 6307-75 Нефтепродукты. Метод определения наличия водорастворимых кислот и щелочей.

ГОСТ 6370-83 (СТ СЭВ 2876-81) Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей.

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов.

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

ГОСТ 19433-88 Грузы опасные. Классификация и маркировка.

ГОСТ 23683-89 Парафины нефтяные твердые. Технические условия.

ГОСТ 24597-81 Пакеты тарно-штучных грузов. Основные параметры и размеры.

ГОСТ 26653-2015 Подготовка генеральных грузов к транспортированию. Общие требования.

ГОСТ 26663-85 Пакеты транспортные. Формирование с применением средств пакетирования. Общие технические требования.

ГОСТ 31872-2012 Определение группового углеводородного состава методом флуоресцентной индикаторной адсорбции.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** При использовании настоящего Стандарта организации целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по ежегодно издаваемому информационному указателю «Нормативные документы по стандартизации» по состоянию на текущий год и соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при использовании настоящим Стандартом организации следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей этой ссылке.

### 3 Технические требования

3.1 ТАМ-25 вырабатывается в соответствии с требованиями настоящего Стандарта организации, технического регламента «О безопасности химической продукции», по технологическим инструкциям, с соблюдением санитарных требований и норм, утвержденных в установленном порядке.

#### 3.2 Характеристики

3.2.1 По органолептическим показателям ТАМ-25 должен соответствовать характеристикам:

- внешний вид: вязкая жидкость
- цвет: слегка желтоватый

3.2.2 По физико-химическим показателям ТАМ-25 должен соответствовать нормам, указанным в таблице 1.

Таблица 1

Наименование показателей	Норма	Методы испытаний
Температура плавления по Жукову, °С	начало-25 конец-40	ГОСТ 4255
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,84-0,87	ГОСТ 3900
Массовая доля кислот в пересчете HCl, не более, %	0,04	ГОСТ 6307
Содержание воды, %, не более	0,1	ГОСТ 2477
Массовая доля твердых примесей, %, не более	0,05	ГОСТ 6370
Массовая доля предельных углеводородов, %, не более	97-98	ГОСТ 31872

3.2.6 Требования к ТАМ-25 для экспорта, ее маркировке, упаковке и транспортированию могут быть изменены в соответствии с требованиями, предусмотренными контрактом с иностранными партнерами.

#### 3.3 Требования к сырью

3.3.1 Применяемое сырье для изготовления ТАМ-25 должно соответствовать требованиям нормативных правовых актов в области технического регулирования (технических регламентов), стандартов, других нормативных документов, утвержденных в установленном порядке, и сопровождаться документами, подтверждающими их качество (сертификаты качества или соответствия, протокола лабораторных испытаний и др.).

3.3.2 Для производства ТАМ-25 применяется следующее сырье:

- товарный парафин нефтяной технический марки Т-2 по ГОСТ 23683
- товарный жидкий парафин марки А содержащий n-алканы от C<sub>14</sub>H<sub>30</sub> до C<sub>17</sub>H<sub>36</sub> по действующей нормативной документации,

3.3.3 Допускается применение других сырьевых материалов, в том числе и импортного производства, не ухудшающих показателей качества ГАМ-25, установленных в настоящем стандарте организации.

### **3.4 Маркировка**

3.4.1 На каждой единице потребительской тары должна быть маркировка, соответствующая техническому регламенту «Требования к упаковке, маркировке, этикетированию и правильному их нанесению» с указанием:

- наименования и назначения продукции;
- состава;
- элементов описания опасности (знак опасности, сигнальное слово и краткая характеристика опасности);
- массы нетто, кг;
- наименования и местонахождения (юридический адрес, включая страну) производителя;
- товарного знака (при наличии);
- даты выпуска и номера партии;
- гарантийного срока хранения или срока годности;
- условий хранения;
- штрихового кода (при наличии);
- указаний по применению, а также мер по безопасному применению, хранению и оказанию первой медицинской помощи;
- надписи: «Сделано в Казахстане»;
- обозначения настоящего стандарта организации;
- рекламной и иной информации.

Маркировка должна быть прочной и не утрачивать своих потребительских свойств в результате воздействия факторов окружающей среды.

Маркировка должна быть выполнена на государственном и русском языках.

Дату выпуска и срок хранения проставляют компостером на этикетке или любым другим способом, обеспечивающим ее четкое обозначение в течение всего гарантийного срока хранения.

3.4.3 Маркировка транспортной тары – по ГОСТ 14192 с нанесением манипуляционного знака «Беречь от попадания прямых солнечных лучей», а также с указанием на государственном и русском языке или языке заказчика информации, характеризующую продукцию:

- наименования продукции;
- наименования предприятия-изготовителя, его товарного знака (при наличии) и юридического адреса;
- количество упаковочных единиц в групповой упаковке;
- масса нетто и брутто;
- дату выпуска;
- гарантийный срок хранения или срок годности;

- условия хранения;
- обозначения настоящего стандарта организации.

### **3.5 Упаковка**

3.5.1 Тара и материалы, используемые для упаковывания ТАМ-25, должны соответствовать требованиям Технического регламента *Таможенного* союза «О безопасности упаковки», Технического регламента «Требования к упаковке, маркировке, этикетированию и правильному их нанесению», иных законодательных актов, нормативных и технических документов, обеспечивать сохранность и товарный вид продукта при транспортировании и хранении.

3.5.2 ТАМ-25 заливают в емкости на полимерной основе массой нетто 50 л и 100л, с накидными крышками по действующей нормативной документациис последующим упаковыванием в транспортную тару.

Тара должна быть защищена от прямого воздействия солнечного света и в помещении для хранения запрещается обращение с открытым огнем: искусственное освещение должно быть во взрывобезопасном исполнении.

3.5.3 Допускается использование других видов потребительской и транспортной тары, изготовленных по действующим нормативным документам по стандартизации и разрешенных органом Госсанэпиднадзора Республики Казахстан, обеспечивающие сохранность продукта при хранении и транспортировании.

## **4 Требования безопасности и охраны окружающей среды**

4.1 ТАМ-25 относится к 4 классу опасности по ГОСТ 12.1.007 и является пожаровзрывоопасной.

В помещении для хранения ТАМ-25 запрещается обращение с открытым огнем: искусственное освещение должно быть во взрывобезопасном исполнении.

4.2 Состояние воздуха рабочей зоны производственных помещений должно отвечать требованиям ГОСТ 12.1.005.

4.3 При сливно-наливных операциях необходимо применять меры по защите от действия статического электричества. Аппараты, емкости, трубопроводы, сливные, наливные и перекачивающие устройства должны быть заземлены.

4.4 При разливе расплавленного ТАМ-25 на открытой площадке по истечении некоторого времени необходимо тщательно удалить застывшую массу и место разлива засыпать песком.

4.5 При работе с расплавленным ТАМ-25 следует соблюдать необходимые меры предосторожности, так как попадание расплавленного ТАМ-25 на кожные покровы может вызвать ожог.

4.6 К работе по изготовлению продукции допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и соответствующий инструктаж по технике безопасности.

4.7 К первичным средствам пожаротушения относятся: ящик с песком, кошма, багор, топор, лопата, ведра и огнетушители пенные.

4.7 Изготовление ТАМ-25 следует проводить при работающих обменной приточно- вытяжной вентиляции и местной вентиляции по ГОСТ 12.4.021.

4.8 Контроль вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводят по методикам, разработанным и утвержденным в установленном порядке в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005.

4.9 Рабочие, занятые приготовлением ТАМ-25 должны быть обеспечены индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.103: специальной одеждой, специальной обувью, перчатками, защитными очками, респираторами марки ШБ-1 «Лепесток».

4.10 При изготовлении ТАМ-25 необходимо соблюдать требования по предотвращению пожара, противопожарной защите и обеспечить организационно-технические мероприятия по пожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004 и Технического регламента «Общие требования к пожарной безопасности»

4.11 Производственные помещения, где изготавливается ТАМ-25, должны быть оборудованы знаками безопасности и цветами сигнальными, согласно требованиям СТ РК ГОСТ Р 12.4.026 и Технического регламента «Требования к сигнальным цветам, разметкам и знакам безопасности на производственных объектах».

4.12 ТАМ-25 не должна выделять во внешнюю среду вредные химические вещества в количестве, превышающие, утвержденные допустимые концентрации (ПДК).

4.13 Предприятие - изготовитель должно организовывать сбор и учет отходов производства ТАМ-25, соблюдение требований по охране окружающей среды при хранении и транспортированию отходов, а также производить в установленном порядке их утилизацию и обезвреживание.

4.14 Запрещается сбрасывать или сливать в водоемы санитарно-бытового использования и в канализацию отходы, образующиеся от промывки тракта подачи, дозирования и хранения продукции.

## **5 Правила приемки**

5.1 ТАМ-25 принимают партиями. Партией считается любое количество ТАМ-25, изготовленной по одному технологическому режиму, но не более 1000 кг, однородного по составу и показателям качества, сопровождаемого одним документом о качестве.

5.2 Для проверки соответствия ТАМ-25 требованиям настоящего стандарта организационноизготовитель проводит приемо-сдаточные испытания с целью подтверждения соответствия.

### 5.3 Объем выборки - по ГОСТ 2517

5.4 При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, по нему проводят повторные испытания на удвоенном количестве образцов, взятых от той же партии. Результаты повторных испытаний являются окончательными и распространяются на всю партию. В случае установления несоответствия продукции требованиям настоящего стандарта организации, вся партия продукции бракуется и оформляется протоколом.

5.5 Периодические испытания проводятся по физико-химическим показателям, не реже одного раза в год.

5.6 Приемосдаточным испытаниям подвергают каждую партию по органолептическим и физико-химическим показателям, качеству упаковки, маркировки, массе нетто.

5.7 Документ о качестве должен содержать:

- наименование предприятия-изготовителя и его адрес;
- товарный знак (при наличии);
- наименование продукта;
- результаты проведенных испытаний или подтверждение о соответствии партии продукта требованиям настоящего стандарта;
- номер партии;
- массу брутто и нетто (кг) или объем (л);
- знак опасности (при необходимости);
- дату изготовления;
- срок хранения;
- обозначения настоящего стандарта организации.

5.8 При разногласиях в оценке качества продукта между потребителем и изготовителем арбитражные анализы проводятся в лабораториях (центрах), аккредитованных в установленном порядке.

## **6 Методы контроля**

6.1 Отбор и подготовка проб по ГОСТ 2517

6.2 Внешний вид и цвет, качество упаковки, маркировки определяются визуально.

6.3 Методы контроля физико-химических показателей в соответствии с нормативными документами, указанными в таблице 1.

6.4 Допускается при испытании продукции применение других методов испытаний, установленных в документах, действующих на территории Республики Казахстан, не уступающих по метрологическим и техническим характеристикам методам, приведенным в настоящем стандарте организации.



## **7 Транспортирование и хранение**

7.1 ТАМ-25 транспортируются по ГОСТ 1510, в соответствии с правилами перевозок грузов, действующими на соответствующем виде транспорта.

7.2 При транспортировании ТАМ-25 указывается класс опасности 9, подкласс 2.1 по ГОСТ 19433.

7.3 Требования к транспортированию тары пакетами по ГОСТ 26663, ГОСТ 24597 и другим нормативным документом.

7.4 Средства скрепления транспортной тары с емкостями с ТАМ-25, упакованной в транспортную тару в пакетированном виде по ГОСТ 24653 и другим нормативным документом.

7.5 Допускается транспортирование емкостей с ТАМ-25 без формирования в транспортные пакеты в следующих случаях:

- при транспортировании автомобильным транспортом,
- при транспортировании в универсальных контейнерах, кроме крупнотоннажных.

7.6 Речным транспортом емкости с ТАМ-25 транспортируют в универсальных контейнерах или пакетами.

7.7 Хранение емкостей с ТАМ-25 в закрытых складских помещениях в условиях ЗЖЗ по ГОСТ 15150.

7.8 При хранении транспортной тары с емкостями с ТАМ-25 укладывают в штабели или стеллажи высотой не более 3 м и на расстоянии не менее 1 м от нагревательных или отопительных приборов.

7.9 Хранение емкостей с ТАМ-25 в закрытых складских помещениях по ГОСТ 15150.



7.10 При хранении транспортной тары с емкостями с ТАМ-25 укладывают в штабели или стеллажи высотой не более 3 м и на расстоянии не менее 1 м от нагревательных или отопительных приборов.

## **8 Гарантия изготовителя**

8.1 Изготовитель гарантирует соответствие ТАМ-25 требованиям настоящего стандарта организации при соблюдении потребителем условий транспортирования и хранения.

8.2 Срок хранения добавки со дня изготовления – 12 месяцев.

## Протокол физико-химических исследований и результаты газохроматографического анализа

	<b>ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ «КОНСТРУКЦИОННЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ»</b>		
РТИ на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова» г.Шымкент, пр. Тлукешана, 5, Офис 101Б. Тел/факс: 8 (7252) 300-836. E-mail: irtp.kem@mail.ru			

Всего листов: 1  
Лист: 1

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ № 489

от « 9 » августа 2019г.

Наименование и обозначение образца	Парафин и их композиции (ТАМ-25-1)
Наименование (ФИО) и адрес заказчика	МКТУ им.Х.А. Ясави ЮКО, г. Туркестан, пр.Б.Сағатханова, 29 Аимбетова Н.О.
Количество образцов поступивших на испытание	3 пробы
Дата поступления образцов на испытание:	10.08.2019
Вид испытаний	Газохроматографический состав
Условия проведения испытаний: Температура 20° Влажность 71% . Давление 719мм.рт.ст	

	n-алканы	Значения, %		
		Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	0,95	0,94	0,93
2	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	42,9	42,8	43,9
3	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	52,7	52,8	52,7
4	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	0,83	0,86	0,83
5	Массовая доля воды, не более, %	0,1	0,1	0,1
6	Массовая доля кислот на пересчете HCl, не более, %	0,04	0,04	0,04
7	Массовая доля твердых примесей, %, не более	0,05	0,05	0,05
8	Массовая доля предельных углеводородов, %, не более	97,38	97,1	97,38

*Примечание:* результаты анализа распространяется только на образцы, подвергнутые испытанию.



Исполнитель:

Хусанов Ж.Е.

Заведующий лабораторией:

Болысбек А.



		<b>ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ «КОНСТРУКЦИОННЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ»</b>		
РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова» г. Шымкент, пр. Гаузе-хана, 5, Офис 101Б, Тел/факс: 8 (7252) 300-836. E-mail: irip.kibm@mail.ru				

Всего листов: 1  
Лист: 1

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ № 489**  
от « 9 » августа 2019г.

Наименование и обозначение образца: Парафин и их композиции (ТАМ-25-1)

Наименование (ФИО) и адрес заказчика: МКГУ им.Х.А. Ясави  
ЮКО, г.Туркестан, пр.Б.Саттарханова, 29  
Алимбетова И.О.

Количество образцов поступивших на испытание: 3 пробы

Дата поступления образцов на испытание: 10.08.2019

Вид испытаний: Физико-химические характеристики

Условия проведения испытаний: Температура 23<sup>0</sup> Влажность 71% .  
Давление 719мм.рт.ст



	Наименование показателя	Значения		
		Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	Температура плавления, <sup>0</sup> С	23-25	23-25	23-24
2	Температурные пределы плавления и фазового перехода, <sup>0</sup> С	3-4	3-4	3-4
3	Тепловой эффект (энтальпия) плавления и фазового перехода, Дж	204,4	204,9	204,5
4	Плотность,	0,79	0,78	0,78
5	Температура кипения начало: конец	243	241	242
		314	313	313

*Примечание:* результаты анализа распространяются только на образцы, подвергнутые испытаниям.

Исполнитель:  Хусинов Ж.Е.

Заведующий лабораторией:  Болдыбек А.



ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ «КОНСТРУКЦИОННЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ»		
РГ П на ЦХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова» г.Шымкент, пр.Ташке-хана,5.Офис 101Б.Тел/факс: 8 (7257) 300-836 E-mail: <a href="mailto:info.kibm@gmail.ru">info.kibm@gmail.ru</a>		

Всего листов: 1  
Лист: 1

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ № 489**  
от « 9 » августа 2019г.

Наименование и обозначение образца: Парафин и их композиции (ТАМ-25-2)

Наименование (ФИО) и адрес заказчика: МКТУ им.Х.А. Ясави  
ЮКО, г.Туркестан, пр.Б.Саттарханова, 29  
Аимбетова Н.О.

Количество образцов поступивших на испытание: 3 пробы

Дата поступления образцов на испытание: 10.08.2019

Вид испытаний: Газохроматографический состав

Условия проведения испытаний: Температура 20° Влажность 71% .  
Давление 719мм.рт.ст

	н-алканы	Значения, %		
		Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	0,95	0,96	0,95
2	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	43,4	43,14	43,3
3	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	2,71	2,36	2,62
4	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	50,8	50,61	50,59
5	Массовая доля воды, не более, %	0,1	0,1	0,1
6	Массовая доля кислот на перечне HCl, не более, %	0,04	0,04	0,04
7	Массовая доля твердых примесей, %, не более	0,05	0,05	0,05
8	Массовая доля предельных углеводородов, %, не более	97,86	97,07	97,46



*Примечание:* результаты анализа распространяются только на образцы, подвергнутые испытанием.

Исполнитель:  Хусенов Ж.Ф.

Заведующий лабораторией:  Большибек А.





	<b>ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ «КОНСТРУКЦИОННЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ»</b>		
РИП и ЦХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова» г.Шымкент, пр.Ташкент-хана, 5, Офис 101Б Тел./факс: 8 (7752) 360-836 E-mail: <a href="mailto:rip.kibmm@yau.kz">rip.kibmm@yau.kz</a>			

Всего листов: 1  
Лист: 1

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ № 489**  
от « 9 » августа 2019г.

Наименование и обозначение образца: Парафин и их композиции (ТАМ-25-2)

Наименование (ФИО) и адрес заказчика: МКТУ им.Х.А. Ясави  
ЮКО, г.Туркестан, пр.Б.Сағтарханова, 29  
Алибегова И.О.

Количество образцов поступивших на испытание: 3 пробы

Дата поступления образцов на испытание: 10.08.2019

Вид испытаний: Физико-химические характеристики

Условия проведения испытаний: Температура 20° Влажность 71% .  
Давление 719мм.рт.ст

	Наименование показателя	Значения		
		Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	Температура плавления, °С	24-26	24-25	24-26
2	Температурные пределы плавления и фазового перехода, °С	3-4	3-4	3-4
3	Тепловой эффект (энтальпия) плавления и фазового перехода, Дж	204,8	204,9	204,9
4	Плотность,	0,80	0,81	0,81
5	Температура кипения начало: конец	244	243	244
		314	313	315

*Примечание:* результаты анализа распространяются только на образцы, подвергнутые испытанию.

Исполнитель:

  
 Хусенов Ж.Е.

Заведующий лабораторией:

  
 Болысбек А.

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ «КОНСТРУКЦИОННЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ»			
РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова» г. Тараз, пр. Тарке-хана, 5, Офис 101Б. Тел/факс: 8 (7252) 300-836. E-mail: <a href="mailto:ir@kbm@mail.ru">ir@kbm@mail.ru</a>			

Всего листов: 2  
Лист: 1

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ № 489**  
от « 9 » августа 2019г.

Наименование и обозначение образца: Парафин и их композиции (ТАМ-25-3)

Наименование (ФИО) и адрес заказчика: МКТУ им.Х.А. Ясави  
ЮКО, г.Туркестан, пр.Б.Саттарханова, 29  
Аимбетова И.О.

Количество образцов поступивших на испытание: 3 пробы

Дата поступления образцов на испытание: 10.08.2019

Вид испытаний: Газохроматографический состав

Условия проведения испытаний: Температура 20<sup>0</sup> Влажность 71%  
Давление 719мм.рт.ст

	Ч-алканы	Значения, %		
		Образец 1	Образец 2	Образец 3
1.	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	3,26	3,25	3,28
2.	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	8,14	8,11	8,12
3.	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	11,4	11,5	11,6
4.	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	13,6	13,4	13,5
5.	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	13,5	13,4	13,5
6.	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	10,2	10,2	10,3
7.	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	7,3	7,1	7,1
8.	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	5,4	5,5	5,6
9.	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	5,5	5,6	5,4
10.	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	2,3	2,2	2,3
11.	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	1,15	1,16	1,16
12.	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	1,13	1,17	1,16
13.	C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>	1,65	1,66	1,67
14.	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	3,12	3,12	3,13
15.	C <sub>24</sub> H <sub>50</sub>	1,6	1,7	1,7
16.	C <sub>25</sub> H <sub>52</sub>	0,8	0,7	0,8
17.	C <sub>26</sub> H <sub>54</sub>	0,7	0,7	0,7
18.	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	следи	следи	следи
19.	Массовая доля воды, не более, %	0,1	0,1	0,1

Всего листов: 2  
Лист: 2



20.	Массовая доля кислот на персчете HCl, не более, %	0,04	0,04	0,04
21.	Массовая доля твердых примесей, %, не более	0,05	0,05	0,05
22.	Массовая доля предельных углеводородов, %, не более	90,45	90,36	90,39

Примечание: результаты анализа распространяется только на образцы, подвергнутые испытаниям.

Исполнитель:  Хусанов Ж.Е.

Заведующий лабораторией:  Болысбек А.



		<p align="center"><b>ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ «КОНСТРУКЦИОННЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ»</b></p>		
<p align="center">УГПП на ПКХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова» г.Шымкент, пр. Гауля-хана,5,Офис 101Б.Тел/факс: 8 (7252) 300-836. E-mail: <a href="mailto:iclip.kibm@mail.ru">iclip.kibm@mail.ru</a></p>				

Всего листов: 1  
Лист: 1

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ № 489**

от « 9 » августа 2019г.

Наименование и обозначение образца: Парафин и их композиции (ТАМ-23-3)

Наименование (ФИО) и адрес заказчика: МКГУ им.Х.А. Ясани  
ЮКО, г.Туркестан, пр.Б.Саттарханова, 29  
Алмбетова Н.О.

Количество образцов поступивших на испытание: 3 пробы

Дата поступления образцов на испытание: 10.08.2019

Вид испытаний: Физико-химические характеристики

Условия проведения испытаний: Температура 20° Влажность 71%  
Давление 719мм.рт.ст

	Наименование показателя	Значения		
		Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	Температура плавления, °С	22-26	22-25	23-26
2	Температурные пределы плавления и фазового перехода, °С	7-9	7-8	7-9
3	Тепловой эффект (энтальпия) плавления и фазового перехода, Дж	181,4	181,33	181,6
4	Плотность,	0,79	0,78	0,79
5	Температура кипения			
	начало:	186	188	188
	конец	320	321	321

*Примечание:* результаты анализа распространяется только на образцы, подвергнутые испытанию.

Исполнитель:

Хусанов Ж.Н.

Заведующий лабораторией:

Болысбек А.





ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН  
 REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
**ПАТЕНТ**  
**PATENT**  
 № 34970  
 ӨНЕРТАБЫСҚА / НА ИЗОБРЕТЕНИЕ / FOR INVENTION



(21) 2019/0897.1

(22) 10.12.2019

(45) 11.06.2021

(54) Жылу аккумуляциялаушы материал  
Теплоаккумулирующий материал  
Heat storage material

(73) «Қожа Ахмет Ясауи атындағы Қазақ-Түрік халықаралық университеті» мекемесі (KZ)  
Учреждение «Международный Казахско-Турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави» (KZ)  
«Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University» Institution (KZ)

(72) Аймбетова Индира Оразгалиевна (KZ)      Aimbetova Indira Orazgaliyevna (KZ)  
Сулейменов Уланбатор Сейтказиевич (KZ)      Suleimenov Ulanbator Seitkaziyeovich (KZ)  
Риставлетов Раимберди Аманович (KZ)      Ristavletov Raimberdi Amanovich (KZ)  
Калшабекова Эльмира Нурлыбаевна (KZ)      Kalshabekova Elmira Nurlybayevna (KZ)  
Кудабаяев Руслан Бахтиярович (KZ)      Kudabayev Ruslan Bakhtiyarovich (KZ)  
Сапаров Сакен Абубакирович (KZ)      Saparov Saken Abubakirovich (KZ)



ЭЦҚ қол қойылды  
Подписано ЭЦП  
Signed with EDS

Е. Оспанов  
Е. Оспанов  
Y. Ospanov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры  
Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН  
 REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
**ПАТЕНТ**  
**PATENT**  
 № 3951  
 ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL


 (21) 2018/0564.2  
 (22) 06.08.2018

Қазақстан Республикасы Пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні /  
 Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики  
 Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the  
 Republic of Kazakhstan: 02.05.2019

(54) Қопкабатты жылуды үнемдеуіш қоршау конструкциясы  
 Многослойная теплоэффективная ограждающая конструкция  
 Multi-layer heat-efficient enclosing structure

(73) "Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық Қазак-Түрік Университеті" мекемесі (KZ)  
 Учреждение "Международный Казахско-Турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясауи" (KZ)  
 "Akhetmet Yassawi International Kazakh-Turkish University" Institution (KZ)

(72) Раимбердиев Талжан Пердешевич (KZ) Сарсенов Бакытбек Темирбекович (KZ) Сулейменов Уланбатор Сейтказиевич (KZ) Марасулов Абдурахим Мустафаевич (KZ) Риставлетов Райымберди Аманович (KZ) Камбаров Медетбек Абилдаевич (KZ) Абшенов Хасен Асанбекович (KZ) Қудабаев Руслан Бахтиярович (KZ)	Raimberdiyev Talzhan Perdeshevich (KZ) Sarsenov Bakytbek Temirbekovich (KZ) Suleymenov Ulanbator Seitkazyevich (KZ) Marasulov Abdurakhim Mustafayevich (KZ) Ristavletov Raiymberdi Amanovich (KZ) Kambarov Medetbek Abildayevich (KZ) Abshenov Khassen Asanbekovich (KZ) Kudabayev Ruslan Bakhtiyarovich (KZ)
---	--




«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры  
 Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
 Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE



  
 ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ      РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН  
 REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
**ПАТЕНТ**  
**PATENT**  
 № 4426  
**ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL**



(21) 2019/0614.2

(22) 02.07.2019

Қазақстан Республикасы Пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні /  
 Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики  
 Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the  
 Republic of Kazakhstan: 05.11.2019

(54) Энергиябелсенді панелі бар қоршау конструкциясы  
 Конструкция ограждения с энергоактивной панелью  
 Fence construction with energy efficient panel

(73) Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің "М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны (KZ)  
 Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауэзова" Министерства образования и науки Республики Казахстан (KZ)  
 "M.Auezov South Kazakhstan State University" Republican State Enterprise on the Right of Economic Management of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (KZ)

(72) Иманалиев Куаныш Ералиевич (KZ) Раимбердиев Талжан Пердешевич (KZ) Сулейменов Уланбатор Сейтказиевич (KZ) Камбаров Медетбек Абилдаевич (KZ) Сарсенбаев Абдиқарим Арыстанович (KZ) Абшенов Хасен Асанбекович (KZ) Құдабаев Руслан Бахтиярович (KZ)	Imanaliyev Kuanysh Yeraliyevich (KZ) Raimberdiyev Talzhan Perdeshevich (KZ) Suleimenov Ulanbator Seitkaziyeovich (KZ) Kambarov Medetbek Abildayevich (KZ) Sarsenbayev Abdikarim Arystanovich (KZ) Abshenov Khassen Asanbekovich (KZ) Kudabayev Ruslan Bakhtiyarovich (KZ)
--	---



ЭЦҚ қол қойылды  
 Подписано ЭЦП  
 Signed by EDS

Е. Оспанов  
 Y. Ospanov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМҚ директоры  
 Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
 Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE





ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ  
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ

ҚУӘЛІК

2020 жылғы «28» қазан № 12868

Автордың (лардың) жөні, аты, әжесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):  
**ИМАНАЛИЕВ ҚУАНЫШ ЕРАЛИЕВИЧ, КАМБАРОВ МЕДЕТБЕК АБИЛДАЕВИЧ, РИСТАВЛЕТОВ  
РАИМБЕРДИ АМАНОВИЧ, АБШЕНОВ ХАСЕН АСАНБЕКОВИЧ, ҚУДАБАЕВ РУСЛАН  
БАХТИЯРОВИЧ**

Авторлық құқық объектісі: **ғылыми табынды**

Объектінің атауы: **Методика определения тепловой эффективности и оценки теплоаккумулирующей  
способности энергоактивной конструкции паружного ограждения**

Объектіні жасаған күні: **10.10.2020**



Құжат танысқанын <http://www.kazpatent.kz/ru> сайтының  
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://kazpatent.kz)  
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

ЭЦҚ қол қойылды

Оспанов Е.К.





ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

### СВИДЕТЕЛЬСТВО

О ВНЕСЕНИИ СВЕДЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР  
ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ, ОХРАНЯЕМЫЕ АВТОРСКИМ ПРАВОМ

№ 12868 от «28» октября 2020 года

Фамилия, имя, отчество, (если оно указано в документе, удостоверяющем личность) автора (ов):  
ИМАНАЛИЕВ КУАНЫШ ЕРАЛИЕВИЧ, КАМБАРОВ МЕДЕТБЕК АБИЛДАЕВИЧ, РИСТАВЛЕТОВ РАИМБЕРДИ АМАНОВИЧ, АБШЕНОВ ХАСЕН АСАМБЕКОВИЧ, КУДАБАЕВ РУС ДАН БАХТИЯРОВИЧ

Вид объекта авторского права: произведение науки

Название объекта: Методика определения тепловой эффективности и оценки теплоаккумулирующей способности энергоактивной конструкции наружного ограждения

Дата создания объекта: 10.10.2020



Құжат түшіндірме: <http://www.kazpatent.kz/ru> сайтының  
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады <https://copyright.kazpatent.kz>

Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](http://www.kazpatent.kz)  
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП

Оспанов Е.К.



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН  
 REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ПАТЕНТ**  
**PATENT**  
 № 6631

**ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL**



(21) 2021/0804.2



(22) 17.08.2021



(45) 05.11.2021

(54) Күн сәулесін қолданып бетон және темірбетон бұйымдарын термиялық өңдеу құрылғысы  
 Установка для термообработки бетонных и железобетонных изделий с использованием солнечной энергии  
 Installation for heat treatment of concrete and reinforced concrete products using solar energy

(73) «М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (KZ)  
 Некоммерческое акционерное общество «Южно-Казахстанский университет имени М.Ауэзова» (KZ)  
 «M.Auezov South Kazakhstan University» Non-Commercial Joint-Stock Company (KZ)

(72) Сулейменов Уланбатор Сейтказиевич (KZ)	Suleymenov Ulanbator Seitkazyevich (KZ)
Кудабаяев Руслан Бахтиярович (KZ)	Kudabayev Ruslan Bakhtiyarovich (KZ)
Калшабекова Эльмира Нурлыбаевна (KZ)	Kalshabekova Elmira Nurlybayevna (KZ)
Камбаров Медетбек Абилдаевич (KZ)	Kambarov Medetbek Abildayevich (KZ)
Абшенов Хасен Асанбекович (KZ)	Abshenov Khassen Asanbekovich (KZ)



ЭЦҚ қол қойылды  
 Подписано ЭЦП  
 Signed with EDS

Е. Куантыров  
 Е. Куантыров  
 Y. Kuantyrrov

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директоры  
 Директор РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»  
 Director of the «National Institute of Intellectual Property» RSE





**АКТ**

**внедрения результатов научно-исследовательских работ**

Мы, представители ТОО «Төл-Кұрылыс» Ешимбетов Ш.Т.– директор, Оспанов С.М. - инженер ПТО, настоящим актом подтверждаем, что результаты научно-исследовательской работы «Теплоаккумулирующие материалы на основе продуктов переработки нефти для ограждающих конструкций зданий» выполненной в ЮКУ им. М. Ауэзова с ноября 2018г. по декабрь 2022г. внедрены в ТОО «Төл-Кұрылыс».

**Вид внедрения результатов** - предложена конструкция многослойной панели ограждения со слоем из теплоаккумулирующего материала на основе товарных парафинов.

**Область и форма внедрения** - разработанная энергоактивная ограждающей конструкций с теплоаккумулирующим материалом фазового перехода на основе товарных жидких парафинов с температурой плавления 25<sup>0</sup>С и энтальпией плавления выше 200Дж/г будет применена в ограждающих конструкциях жилых и общественных зданий. Формой внедрения является рабочие чертежи разработанной конструкций ограждения.

**Эффект от внедрения** – использование энергоактивной конструкции с теплоаккумулирующим слоем в климатических условиях г.Шымкент доля солнечного тепла в тепловой нагрузке здания за отопительный период при площади энергоактивной конструкции 50м<sup>2</sup> может составить 10-16%.

От вуза  
Директор ДАН  
У.Б.Назарбек  
Руководитель НИР  
Э.Н.Калшабекова

От предприятия  
Инженер ПТО  
С.М. Оспанов

Исполнитель  
Р.Б.Кудабаев



## АКТ

## внедрения результатов научно-исследовательских работ

Мы, представители ТОО «Оңтүстік-құрылыс сервис» Куртаев А.А. – директор, Әзімбай С.М. - инженер ПТО, настоящим актом подтверждаем, что результаты научно-исследовательской работы «Теплоаккумулирующие материалы на основе продуктов переработки нефти для ограждающих конструкций зданий» выполненной в ЮКУ им. М. Ауэзова с ноября 2018г. по декабрь 2022г. внедрены в ТОО «Оңтүстік-құрылыс сервис».

**Вид внедрения результатов** – энергоэффективная конструкция теплоаккумулирующей гелиокамеры для термообработки железобетонных изделий и конструкции с использованием солнечной радиации

**Область и форма внедрения** – в разработанной камере солнечная радиация, попадая на панель, нагревает и расплавляет теплоаккумулирующий материал. При поступлении солнечной радиации в теплоаккумулирующем материале накапливается тепловая энергия за счет фазового перехода из твердого в жидкое состояние.

В вечернее и ночное время, нагретый теплоаккумулирующий материал в панели, остывая и меняя свое фазовое состояние, отдает накопленное тепло в камеру, поддерживая температуру камере и надолго сохраняя тепловлажностной режим обработки изделия. Предлагаемая конструкция гелиокамеры имеет более простое конструктивное решение, обеспечивает длительное равномерное, относительно высокое температурное нагревание изделия и конструкций и обеспечивает энергосберегающую термообработку.

**Эффект от внедрения** – применение теплоаккумулирующих материалов фазового перехода на основе товарных парафинов в конструкциях гелиокамер для термообработки бетонных изделий и конструкций дает возможность создать оптимальный (мягкий) режим термообработки при одновременной экономии энергоресурсов.

Равномерное и длительное нагревание обеспечивает интенсивное парообразование в гелиокамере (до 2 атм.), что обеспечивает повышение прочности на 5%-10%. Предоставляется возможность регулирования режима тепловлажностной обработки.

От вуза  
 Директор ДАН  
 У.Б. Назарбек  
 Руководители НИР  
 Калшабекова Э.Н.  
 Исполнитель  
 Кудабаяев Р.Б.

От предприятия  
 Инженер ПТО  
 С.М. Әзімбай