

Ж. А. АЛДИЯРОВ¹, Н. Ж. ЖАНАБАЙ^{1*}, А. Ж. ЖАЛҒАСОВ¹

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНСТРУКЦИИ НАРУЖНОГО ОГРАЖДЕНИЯ С ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИМ СЛОЕМ

Представлены результаты экспериментальных исследований конструктивного решения ограждения, в котором для повышения теплоемкости используется панель с теплоаккумулирующим материалом. Экспериментальные исследования проведены на фрагменте стенового ограждения с энергоактивной панелью с слоем термоаккумулирующего материала из товарного парафина. Показано, что конструкция ограждения с теплоаккумулирующей панелью обеспечивает аккумуляцию тепла в панели и регулирует тепловой режим в помещении.

***Ключевые слова:** высокоэффективных утеплителей, товарный парафин, теплоаккумулирующий материал, аккумуляция энергии, светоотражающая пленка, энергоактивная конструкция.*

Одним из перспективных направлений создания энергоэффективных зданий и их конструкций является разработка наружных ограждающих конструкции повышенной тепловой эффективности [1-3]. Необходимый уровень тепловой защиты таких наружных ограждений устанавливается посредством увеличения термической однородности конструкций, высокоэффективных утеплителей, рационального размещения в массиве ограждения теплоаккумулирующих и теплоизоляционных слоев и оптимизации их слоев. Однако комплексная оценка тепловой эффективности одно и многослойных наружных стен показал нецелесообразность дальнейшего увеличения толщины ограждения, поскольку при этом возрастает расход тепла на изготовление материалов и изготовление конструкций [4,5].

Вместе с тем в настоящее время в практике проектирования энергоэффективных зданий начали широко использовать системы аккумуляции солнечной энергии [6-8]. Анализ возможности аккумуляции тепловой энергии с помощью различных технических систем указывает на достаточную эффективность регулирования потребления тепловой энергии посредством самих конструкций зданий. В подобной системе утилизируется как прямая, так и рассеянная солнечная радиация, которая для многих районов республики может составлять до 50% суммарного прихода солнечной энергии за время отопительного периода.

Предлагаемые системы аккумуляции энергии в наружном ограждении имеют малую теплоемкость (быстро охлаждается), что является их основным недостатком. В связи с этим разработано и экспериментально испытано новое конструктивное решение ограждения, в котором для повышения теплоемкости используется панель с теплоаккумулирующим материалом.

Разработанная энергоактивная конструкция стенового ограждения здания, в соответствии с рисунком 1, включает двойное светопрозрачное покрытие 1, светоотражающую пленку из фольги 2, стеновую панель 3, заполненную фазопереходным теплоаккумулирующим материалом, на основе товарных парафинов. В верхней и нижней

* E-mail корреспондирующего автора: nurlan.zhanabay777@mail.ru

частях ограждения размещаются каналы 4 и 5, в которых установлены терморегулируемые заслонки 6 и 7. Ограждение имеет нижнее 8 и верхнее 9 части. Теплоноситель поступает через входное отверстие 4 и отводится через выходное отверстие 5, проходя через канал 10. Заслонки регулируются терморегулятором 11.

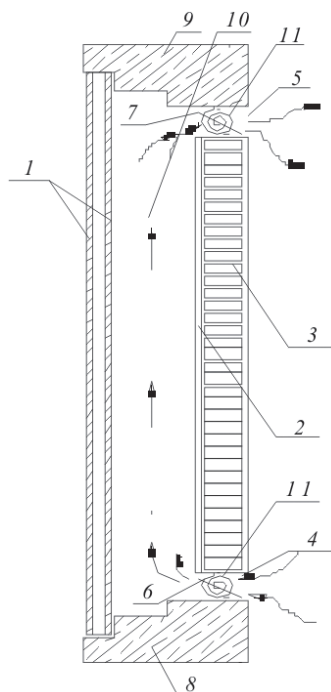


Рисунок 1 – Энергоактивная конструкция ограждения с теплоаккумулирующей панелью

Солнечная радиация, проникая сквозь прозрачное двойное покрытие 1, попадает на светоотражающую фольгу 2. Воздух, нагреваемый фольгой 2, поднимается по каналу 10 и выходит из выходного отверстия 5 в помещение, а на его место поступает холодный воздух через входное отверстие на уровне пола 4. Таким образом, осуществляется циркуляция воздуха и обогрев помещения. Вместе с нагревом воздуха в канале 10 нагревается теплоаккумулирующая панель, заполненная фазопереходным теплоаккумулирующим материалом, до температуры плавления и выше. Если воздух в помещении нагревается выше допустимой температуры, то регулирующие терморегулятором 11 заслонки 6 и 7 закрываются, солнечные лучи нагревают воздух в канале 10, а часть солнечной энергии проходит через светоотражающий слой 2 к внутренней теплоаккумулирующей панели 3 и, нагревая ее, накапливается в ней. В ночное и пасмурное время воздух в помещении нагревается от стеновой панели 3, как при открытых, так и при закрытых заслонках. Из-за плотного контакта теплоотражающего слоя 2 и панели 3 тепло от панели при закрытых заслонках передается в помещение. Слой 2 служит теплоотражающим слоем для внутренней панели 3, которая в свою очередь за счет фазового перехода (кристаллизации) теплоаккумулирующего жидко-

го парафина удерживает тепло в помещении. Регулирование температуры воздуха в помещении осуществляется за счет регулирования степени циркуляции воздуха через канал 10 путем большего или меньшего открытия заслонок 6 и 7, управляемых терморегулятором 11. При повышении температуры воздуха в помещении заслонка под действием терморегулятора прикрывается и за счет тепла в помещении теплоаккумулирующий материал панели 3 плавится и накапливает тепло, при понижении температуры – заслонки открываются, и тепло передается в помещение.

Проведение экспериментальных исследований разработанных энергоактивных конструкции наружного ограждения нацелено на обоснование эффективности применения в ограждающих конструкциях зданий различных вариантов энергоактивных конструктивных решений ограждения.

Экспериментальные исследования были разбиты на следующие этапы:

- проведение испытаний энергоактивных конструкций ограждения без теплоаккумулирующей панели на фрагменте стенового ограждения;
- проведение испытаний энергоактивных конструкций ограждения с теплоаккумулирующей панелью на фрагменте многослойного стенового ограждения;
- обработка и анализ полученных экспериментальных данных по испытаниям различных вариантов решений энергоактивных конструкций наружного ограждения.

Экспериментальные исследования проводились на фрагменте стенового ограждения с энергоактивной панелью, выполненной в масштабе 1:1 к натурной конструкции ограждения и обеспечивающей вариантное решение энергоактивной панели, в соответствии с рисунком 2.



Рисунок 2 – Общий вид фрагмента стенового ограждения

Несущей частью ограждения является стена из стандартного керамического кирпича по ГОСТ 530-2012. Поверхности ограждения оштукатурены цементно-песчаной штукатуркой. Энергоактивная панель представляет собой нишу в несущей части стены размером створки оконного переплета – 910x610мм. Глубина ниши – 130мм. Толщина воздушной полости между внутренней стенкой ниши и поверхностью светопрозрачного ограждения - 110мм.

Передняя стенка энергоактивной панели состоит из светопрозрачного двойного оконного стекла. В энергоактивной панели имеются отверстия входа и выхода воз-

душного теплоносителя диаметром 100мм. В задней стенке фрагмента ограждения имеются входное отверстие диаметром 100мм и выходное отверстие того же диаметра с встроенным трехрежимным вентилятором фирмы KLAUS.

В энергоактивной конструкции с теплоотражающими экранами покрытие из алюминиевой фольги размещалось по внутренней поверхности ниши.

В энергосберегающей конструкции с энергоактивной теплоаккумулирующей панелью теплоаккумулирующим материалом фазового перехода принят материал полученный смешением товарных жидких и твердых парафинов. В качестве основы для производства ТАМ использовался твердый товарный парафин, содержащий *n*-алканы от $C_{18}H_{38}$ до $C_{21}H_{44}$ температурой плавления 28...41 $^{\circ}C$, суммарной теплотой плавления и фазового перехода 214 - 222 Дж/г [9].

Расплавленный теплоаккумулирующий материал на основе парафинов заливался в специальный герметичный контейнер из оконного стекла в соответствии с рисунком 3. Контейнер размещался на внутренней стенке энергоактивной панели.

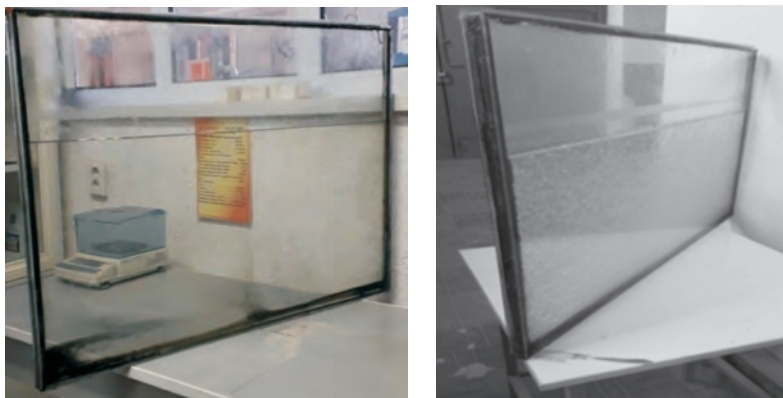


Рисунок 3 – Общий вид контейнера с теплоаккумулирующим материалом

Проведение экспериментов основано на тепловизионном контроле поверхности энергоактивной конструкции ограждения согласно ГОСТ 26629-85 и измерений температуры воздуха на входе и выходе из энергоактивной панели.

При проведении энергетического обследования использован ручной тепловизор FLIR i3.

Диапазон измерений температур прибора от - 0 $^{\circ}C$ до +50 $^{\circ}C$, температурная чувствительность – 0,15 $^{\circ}C$. Погрешность измерений прибора составляет $\pm 2^{\circ}C$, но не менее $\pm 2^{\circ}C$ от значения измерения.

Тепловизионному контролю были подвержены как наружные, так и внутренние поверхности фрагмента ограждающих конструкций. По обзорной термограмме с дисплея тепловизора выявлялись участки с наибольшими температурами, которые затем были подвержены детальному термографированию и уточнению температуры поверхности ограждения.

Обработку результатов термографирования производили с использованием программного комплекса **FLIR QuickRepor**.

Солнечная радиация моделировалась лабораторной установкой состоящей из штатива, лампы накаливания 200Вт и экрана.

Основными измеряемыми параметрами эксперимента являлись температура поверхности теплоотражающего покрытия, интенсивность моделируемой световой радиации, температуры на входе и выходе из энергоактивной панели.

Общий вид экспериментального комплекса представлен в соответствии с рисунком 4.



Рисунок 4 – Общий вид экспериментального комплекса, подготовленного к испытаниям

В связи с этим были проведены испытания стенового ограждения с теплоаккумулирующей панелью.

Результаты испытаний представлены в виде таблицы 1 и рисунка 5.

Таблица 1 – Температуры на светоотражающей поверхности энергоактивной конструкции, температуры на входе и выходе теплоносителя из теплоаккумулирующей панели

Наименование панели	Время проверки	Температура поверхности, °С	Температура при входе, °С	Температура при выходе, °С	Разница температур, °С
1	2	3	4	5	6
Фрагмент ограждения с ТАМ	8- ⁴⁰	24,0	24,2	23,9	0,3
	9- ⁴⁰	28,8	24,1	25,3	1,2
	10- ⁴⁰	34,3	24,2	28,8	4,6
	11- ⁴⁰	37,1	24,8	32,1	7,3
	12- ⁴⁰	38,3	25,5	33,1	7,6
	13- ⁴⁰	39,3	25,5	34,0	8,5
	14- ⁴⁰	40,9	26,1	34,6	8,5
	15- ⁴⁰	41,1	26,4	35,5	9,1
-16- ⁴⁰	44,5	26,7	37,4	10,7	

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
	-17. ⁰⁵	32,7	26,6	36,1	9,5
	-17. ²⁰	30,4	26,5	34,6	8,1
	-17. ³⁵	28,8	26,6	33,5	6,9
	-17. ⁵⁰	28,2	26,4	32,4	6,0
	-18. ⁰⁵	28,1	26,1	32,0	5,9
	-18. ²⁰	27,3	26,2	31,6	5,4
	-18. ³⁵	26,6	26,1	30,8	4,7
	-18. ⁵⁰	25,8	26,2	30,5	4,3
	-19. ⁰⁵	25,6	26,2	30,5	4,3
	-19. ²⁰	23,6	26,4	30,5	4,1

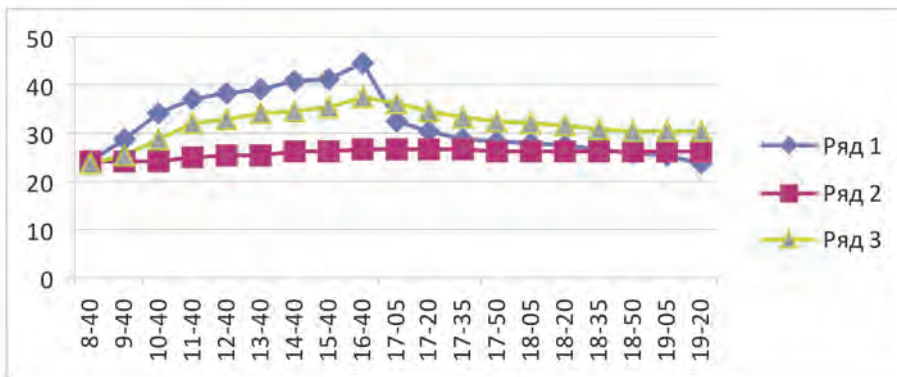


Рисунок 5 – Температуры наружной поверхности, температуры на входе и выходе теплоносителя из теплоаккумулирующей панели
 1 ряд – температура поверхности, °C; 2 ряд – температура при входе, °C;
 3 ряд – температура при выходе, °C

Графики рисунка 5 показывают относительное постоянство температуры на входе в энергоактивную панель и рост температуры на выходе из нее. Однако сравнение температур на входе в начальный момент эксперимента, в период радиации и конце эксперимента показал, что температура носителя увеличилась от 24,0 °C и до 26,7 °C, что указывает на значительный нагрев носителя в самом канале и недостаточном отводе носителя из канала в помещение.

Максимальная температура воздушного теплоносителя на выходе из панели составила + 37,4°С, а температура на наружной поверхности панели - +44,5°С. Максимальная разница между температурой на входе и температурой на выходе теплоносителя из панели составил + 10,7 °C.

Заметим также медленный нагрев воздушного теплоносителя в самом канале (за три часа от 24,2°С до 37,1°С), что объясняется большой теплоемкостью термоаккумулирующего материала в панели. Однако за счет фазового перехода термоаккумулиру-

ющего материала и отдачи тепла после выключения источника радиации наблюдается довольно медленное остывание теплоносителя в канале. Это обстоятельство можно отнести к положительному моменту, так как медленное остывание ограждения благоприятно влияет на тепловую защиту здания и увеличивает сопротивление теплопередаче ограждения в целом.

Наблюдается длительное сохранение разницы температуры на выходе и входе теплоносителя в панели (в течении 7 часов поддерживается разница температур в более от 7 до 10⁰С). Данный факт можно отнести тоже к положительному моменту так как обеспечивается равномерная подача тепла в помещение в течение длительного времени.

Как и ожидалось, термоаккумулирующий материал из товарного парафина с температурой плавления и фазового перехода 25-35⁰С и суммарной энтальпией плавления и фазового перехода 205-212 Дж/г аккумулирует тепло от солнечной радиации и подает в канал. Это способствует равномерной и продолжительной подаче тепла в помещение, а также продолжительному остыванию самого стенового ограждения. Отметим также как положительный факт повышение сопротивления теплопередаче стенового ограждения и самой панели.

Анализ термограмм наружной поверхности энергоактивной панели с теплоаккумулирующим материалом показывает также, что высокая температура поддерживается в большем объеме канала, а наибольшая ее температура наблюдается в области выхода теплоносителя из панели.

В заключении отметим, что проведенные экспериментальные исследования фрагмента стенового ограждения с теплоаккумулирующей панелью обосновывают эффективность применения этих конструкций в ограждениях зданий с целью энергосбережения, снижения ресурсов затрачиваемых на отопление, повышения тепловой защиты и энергоэффективности здания в целом.

Разработанная энергоактивная конструкция стенового ограждения с теплоаккумулирующей панелью обеспечивает аккумуляцию тепла в панели ограждения, регулирует тепловой режим в помещении, а сама теплоаккумулирующая панель с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом служит теплозащитным слоем в ограждении.

ЛИТЕРАТУРА

1 Граник Ю.Г. Конструкции наружных ограждений и инженерные системы в новых типах энергоэффективных жилых зданий // Энергосбережение. – 2003. – № 5. – С.73-75.

2 Ватин Н.И. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании // Инженерно-строительный журнал, №8, Санкт-Петербург. – 2012. – С.4-14.

3 Гнездилова О.А. Анализ энергоэффективности многослойных ограждающих конструкций с различными теплоизоляционными материалами // Альманах современной науки и образования, № 5(72), Тамбов. – 2013. – С. 48-53.

4 Гулак Л.И. Анализ эффективности применения пенополистирола для утепления стен современном строительстве // Научный Вестник ВГАСУ. Материалы 13-ой межрегиональной науч.-практич. конф. «Высокие технологии в экологии». Воронеж. – 2010. – С.100-104.

- 5 Осипова Н.Н. Оптимизация тепловой защиты здания в условиях динамики стоимости энергоресурсов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. – 2010. Вып. 18 (37). – С.98-103
- 6 Сотникова О.А. Аккумуляторы теплоты теплогенерирующих установок систем теплоснабжения // АВОК. – 2003. – № 5. – С.40-44.
- 7 Богословский В.Н. Аспекты создания здания с эффективным использованием энергии // АВОК. – 2001. – № 5. – С.34-39
- 8 Beregovoi A.M. The energy saving by energy active construction / Report and information of International scientific and technical conference, Novvenber 10-17/ – Casablanka, Varocco/-2003 – P.67-68.
- 9 Камбаров М.А. Звягина З.А. Кудабаяев Р.Б., Оралбек Қ. Фазопереходная теплоаккумулирующая парафиновая композиция // International scientific journal «Global science and innovations 2019: Central Asia» Nur-Sultan, Kazakhstan, sep-oct. 2019, – С. 312-317.

REFERENCES

- 1 Granik YU.G. Konstrukcii naruzhnyh ograzhdenij i inzhenernye sistemy v novyh tipah energoeffektivnyh zhilyh zdaniy // Energobezpechenie. – 2003. – № 5. – S.73-75.
- 2 Vatin N.I. Vliyanie urovnya teplovoj zashchity ograzhdayushchih konstrukcij na velichinu poter' teplovoj energii v zdanii // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal, №8, Sankt-Peterburg. – 2012. – S.4-14.
- 3 Gnezdilova O.A. Analiz energoeffektivnosti mnogoslojnyh ograzhdayushchih konstrukcij s razlichnymi teploizolyacionnymi materialami // Al'manah sovremennoj nauki i obrazovaniya, № 5(72), Tambov. – 2013. – S. 48-53.
- 4 Gulak L.I. Analiz effektivnosti primeneniya penopolistirola dlya utepleniya sten sovremennom stroitel'stve // Nauchnyj Vestnik VGASU. Materialy 13-oj mezhhregional'noj nauch. praktich. konf. «Vysokie tekhnologii v ekologii». Voronezh. – 2010. – S.100-104.
- 5 Osipova N.N. Optimizaciya teplovoj zashchity zdaniya v usloviyah dinamiki stoimosti energoresursov // Vestnik VolgGASU. Ser.: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2010. Vyp. 18 (37). – S.98-103.
- 6 Sotnikova O.A. Akkumulyatory teploty teplogeneriruyushchih ustanovok sistem teplosnabzheniya // AVOK. – 2003. -№ 5. – S.40-44.
- 7 Bogoslovskij V.N. Aspekty sozdaniya zdaniya s effektivnym ispol'zovaniem energii // AVOK. – 2001. – № 5. – S.34-39.
- 8 Beregovoi A.M. The energy saving by energy active construction / Report and information of International scientific and technical conference, Novvenber 10-17/ – Casablanka, Varocco/-2003 –P.67-68.
- 9 Kambarov M.A. Zvyagina Z.A. Kudabaev R.B., Oralbek Қ. Fazoperekhodnaya teploakkumuliruyushchaya parafinovaya kompoziciya // International scientific journal «Global science and innovations 2019: Central Asia» Nur-Sultan, Kazakhstan, sep-oct. 2019, – S. 312-317.

Ж. А. АЛДИЯРОВ, Н. Ж. ЖАҢАБАЙ, А. Ж. ЖАЛҒАСОВ

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті

ЖЫЛУ ЖИНАҚТАУШЫ ҚАБАТЫ БАР СЫРТҚЫ ҚОРШАУ КОНСТРУКЦИЯСЫН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Қоршаудың конструктивтік шешімінің тәжірибелік зерттеулерінің нәтижелері берілген, онда жылу сыйымдылығын арттыру үшін жылужинақтағыш материалы бар панель пайдала-

нылады. Тәжірибелік зерттеулер тауарлық парафиннен жасалған термоаккумуляциялаушы материал қабатымен энергоактивті панелі бар қоршауға қоршауының фрагментінде жүргізілді. Жылужинағыш панелі бар қоршау конструкциясы панельдегі жылудың жинақталуын қамтамасыз етеді және бөлмедегі жылу режимін реттейді.

Түйін сөздер: жоғары тиімді жылытқыштар, тауарлық парафин, жылу жинақтағыш материал, энергияны шоғырландыру, жарық шағылыстырғыш пленка, энергоактивті құрылым.

ZH. ALDYAROV, N. ZHANGABAY, A. ZHALGASOV

M. Auezov South Kazakhstan State University

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DESIGN OF AN EXTERNAL FENCE WITH A HEAT-ACCUMULATING LAYER

The results of experimental studies of the fence design solution, in which a panel with a heat-accumulating material is used to increase the heat capacity, are presented. Experimental studies were conducted on a fragment of a wall fence with an energy-active panel with a layer of thermal storage material made of commercial paraffin. It is shown that the construction of the fence with a heat-accumulating panel provides heat accumulation in the panel and regulates the thermal regime in the room.

Keywords: *high-performance insulation, commercial paraffin, heat-accumulating material, energy storage, reflective film, energy- active construction.*