

DOI: 10.15593/2224-9826/2022.2.04

УДК 692.2: 699.86

СТЕНОВАЯ ПАНЕЛЬ ЗДАНИЯ С ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ ВСТАВКОЙ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СУРОВОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

Е.А. Герасимова, С.А. Карауш, О.О. Герасимова

Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 21 апреля 2022

Одобрена: 16 июня 2022

Принята к публикации:

30 июня 2022

Ключевые слова:

строительство, безопасность, блок-контейнер, ограждающая конструкция, стеновая панель, теплоаккумулирующая вставка, влага, теплота фазового перехода, строительные материалы, суровые климатические условия, тепловая инерция.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время наша страна активно занимается освоением природных богатств Крайнего Севера. В связи с этим становятся важными вопросы строительства в суровых климатических условиях и вопросы обеспечения безопасности проживания работников. В условиях Крайнего Севера строительство стационарных зданий экономически невыгодно. Поэтому приоритет отдан использованию блок-контейнеров, так как большая часть работ выполняется вахтовым методом. Их несложно доставить к месту установки, они приспособлены для эксплуатации при низких температурах наружного воздуха. Наружные ограждающие конструкции таких контейнеров выполняются из пенопластовых материалов толщиной 150–200 мм. Существенным недостатком таких контейнеров является то, что при аварии или отключении системы отопления в контейнере очень быстро понижается температура, что приводит к аварийным ситуациям.

В статье предложен новый способ повышения тепловой инерции наружной ограждающей конструкции, предназначенной для эксплуатации в суровых климатических условиях. Предлагается разместить влагу, обладающую высокой теплоемкостью, внутри наружной ограждающей конструкции из пенопластового материала. В месте прохождения нулевой изотермы, которое определяется расчетом, в плоскости стеновой панели размещается теплоаккумулирующая вставка, выполненная из пластиковых труб прямоугольного или квадратного сечения определенного размера. Трубы заполняются водой, образуя в стеновой панели как бы дополнительный слой из труб, заполненных водой. При аварии или отключении системы отопления вода в таких трубах будет играть роль демпфера по сдерживанию теплового потока в окружающую среду. При этом будет использоваться теплота фазового перехода внутри труб.

Проведенные расчеты показывают, что использование теплоаккумулирующей вставки позволяет существенно повысить живучесть блок-контейнера и выиграть время для ремонта системы отопления, а следовательно, сделать труд и проживание работников в условиях низких температур более безопасными.

© ПНИПУ

© Герасимова Елена Алексеевна – старший преподаватель, e-mail: Alekceikovna@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6645-3438
Карауш Сергей Андреевич – доктор технических наук, профессор, e-mail: karaush@tsuab.ru, ORCID: 0000-0003-2848-007X
Герасимова Ольга Олеговна – кандидат технических наук, доцент, e-mail: Ologeras@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9708-5009

Elena A. Gerasimova – Senior Lecturer, e-mail: Alekceikovna@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6645-3438

Sergey A. Karaush – Doctor of Technical Science, Professor, e-mail: karaush@tsuab.ru, ORCID: 0000-0003-2848-007X

Olga O. Gerasimova – Ph. D. in Technical Science, Associate Professor, e-mail: Ologeras@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9708-5009

BUILDING WALL PANEL WITH HEAT STORAGE INSERT FOR USE IN HARSH CLIMATIC ZONES

E.A. Gerasimova, S.A. Karaush, O.O. Gerasimova

Tomsk State University of architecture and building, Tomsk, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 21 April 2022
Approved: 16 June 2022
Accepted for publication:
30 June 2022

Keywords:

construction, safety, block container, enclosing structure, wall panel, heat storage insert, moisture, phase transition heat, building materials, harsh climatic conditions, thermal inertia.

ABSTRACT

At present, our country is actively engaged in the development of the natural resources of the Far North. In this regard, the issues of construction in harsh climatic conditions and the issues of ensuring the safety of workers' residence become important. In the Far North, the construction of stationary buildings is not economically profitable. Therefore, the priority is given to the use of block-containers, since most of the work is carried out on a rotational basis. They are easy to transport to the place of installation, they are adapted for operation at low outdoor temperatures. The outer enclosing structures of such containers are made of foam materials with a thickness of 150–200 mm. A significant disadvantage of such containers is that in the event of an accident or shutdown of the heating system, the temperature in the container drops very quickly, which leads to emergency situations.

The article proposes a new way to increase the thermal inertia of an external enclosing structure designed for operation in harsh climatic conditions. It is proposed to place moisture with a high heat capacity inside the outer enclosing structure made of foam material. At the point where the zero isotherm passes, which is determined by calculation, a heat-accumulating insert is placed in the plane of the wall panel, made of plastic pipes of a rectangular or square section of a certain size. The pipes are filled with water, forming in the wall panel, as it were, an additional layer of pipes filled with water. In the event of an accident or shutdown of the heating system, the water in such pipes will play the role of a damper to restrain the heat flow into the environment. In this case, the heat of the phase transition inside the pipes will be used.

The calculations show that the use of a heat storage insert can significantly increase the survivability of the container unit and gain time to repair the heating system, and, consequently, make the work and living of workers in low temperatures safer.

© PNRPU

Введение

В связи с освоением нашей страной природных богатств Крайнего Севера остро встает вопрос безопасности жизнедеятельности в суровых климатических условиях. Большая часть работ в таких условиях обычно выполняется вахтовым методом, так как строить стационарные здания в зонах с суровым климатом экономически невыгодно. Наиболее целесообразно это делается в настоящее время с помощью использования блок-контейнеров вахтового типа [1], в которых проживают работники. Такие контейнеры несложно доставить к месту установки в разобранном или уже собранном виде. Данные блок-контейнеры приспособлены для эксплуатации при низких температурах наружного воздуха. Достаточно часто блок-контейнеры используются для обустройства вахтовых поселков и могут иметь при этом свою отдельную или централизованную систему отопления.

Основная часть

Блок-контейнер представляет собой передвижной (при необходимости) параллелепипед, все наружные ограждающие поверхности которого утеплены обычно пенополистиролом.

Наружные стены имеют толщину утеплителя 150–200 мм, потолочное и нижнее перекрытия имеют большую толщину [1]. Со стороны наружного воздуха стены покрыты за-

щитным материалом – фанерой, металлопрофилем, вагонкой, а с внутренней стороны может быть улучшенная отделка из плоских листов ламинированной древесно-стружечной плиты (ЛДСП), модифицированной фанеры (МДФ) или других материалов. За счет такой конструкции удастся создать приемлемые условия для деятельности и проживания работников на вахте в период отрицательных температур.

Использование в наружных стенах теплоизоляционных пеноматериалов приводит к тому, что у самой ограждающей конструкции оказывается очень низкая тепловая инерция D . Под тепловой инерцией понимают свойство конструкции сохранять относительное постоянство температуры на ее внутренней поверхности при колебании наружной температуры t_{ext} . По данному показателю наружная стена блок-контейнера будет иметь D в пределах от 1,7 до 2,3 и относиться по массивности к легким конструкциям. Это говорит о том, что при такой тепловой инерции, в случае отключения системы отопления блок-контейнера в период низких отрицательных температур наружного воздуха, произойдет быстрое остывание самой конструкции и внутреннего воздуха и температура внутри помещения t_{int} станет отрицательной. Поэтому у строителей всегда стоит задача, как увеличить тепловую инерцию наружной ограждающей конструкции, предназначенной для эксплуатации в суровых климатических условиях. Это позволит повысить безопасность нахождения работников в помещениях при авариях или отключениях систем отопления.

В качестве примера можно рассмотреть стандартную конструкцию наружной ограждающей стены блок-контейнера, которая показана на рис. 1.

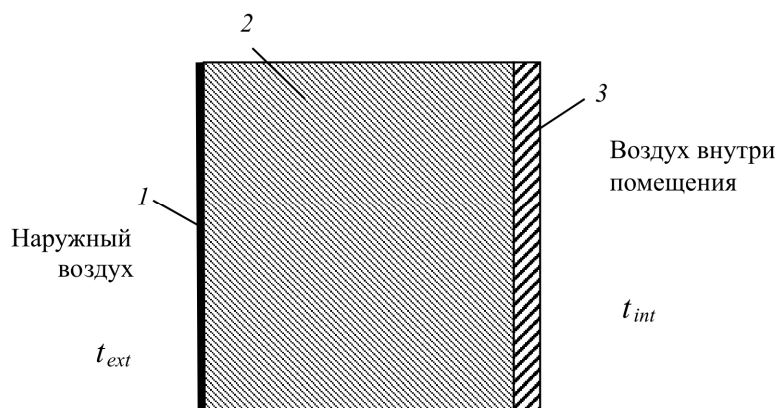


Рис. 1. Стандартная конструкция наружной ограждающей стены блок-контейнера

Fig. 1. Standard construction of the outer curtain wall of the block container

Со стороны наружного воздуха имеется защитный слой из тонкопрофильного металла 1, который защищает теплоизоляционный слой 2 (пенополистирол) толщиной 200 мм от атмосферных воздействий в виде дождя, снега, ветра и др. С внутренней стороны, т.е. со стороны помещения, имеется декоративный облицовочный слой 3, выполненный обычно из многослойной фанеры толщиной 20 мм с облагороженной наружной поверхностью (МДФ-плита).

Принимая плотность пенополистирола в наружной ограждающей конструкции 25 кг/м^3 и условия эксплуатации В, несложно с учетом данных нормативного документа (СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий) подсчитать, что тепловая инерция такой ограждающей конструкции D составит около 2,2, что относится к легким ограждающим конструкциям.

Оценим условия охлаждения наружной ограждающей стены контейнера, например для условий г. Сургута, для которого по нормативному документу (СП 131.13330.2012 Строительная климатология) средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 составит $t_{ext} = -45^{\circ}\text{C}$. Принимая температуру воздуха внутри помещения блок-контейнера 20°C , можно с учетом рекомендаций СП 50.13330.2012 подсчитать, что при отключении системы отопления внутри блок-контейнера температура на внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции уже через 16 ч достигнет 0°C . А дальше она будет только понижаться. Поэтому жить и работать персоналу в таких условиях будет весьма затруднительно.

Обсуждение

Возникает вопрос, а как повысить тепловую инерцию ограждающей конструкции? Для повышения тепловой инерции наружной стены желательно, чтобы материал, из которого она изготовлена, был более тяжелый или более влажный. Известно, что с повышением плотности материала и его влажности повышается теплопроводность и увеличивается его тепловая инерция. Поэтому перед строителями всегда стояла задача сделать наружную стену более тонкой и из более легкого материала с низким коэффициентом теплопроводности или толстую стену из более тяжелого материала, но с высоким коэффициентом теплопроводности. Выбор зависел от результатов технико-экономического расчета.

Решений поставленного вопроса здесь может быть всего три:

- взять материал с большой удельной плотностью с увеличением толщины ограждающей конструкции;
- увлажнить сам материал с повышением коэффициента теплопроводности и увеличением толщины ограждающей конструкции;
- разместить влагу или теплоаккумулирующие вставки (ТАВ), использующие теплоту фазового перехода, внутри наружной ограждающей конструкции.

Первый вариант с использованием теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) в ограждающих конструкциях подробно описан в литературе и широко применяется на практике. Данный метод строительства приводит к утяжелению ограждающих конструкций, что отрицательно сказывается при транспортировке изделий на большие расстояния (в северные регионы страны) и при строительстве на вечномёрзлых грунтах.

Второй вариант, когда за счет увлажнения самого материала повышается теплоаккумулирующая способность наружного ограждения, с теплотехнической точки зрения невыгоден, так как влага, находящаяся внутри ограждающей конструкции, отрицательно влияет на ее теплотехнические и эксплуатационные характеристики [2]. Поэтому строители всегда стремятся избавиться от этой влаги, насколько это возможно. Однако даже в естественных условиях эксплуатации на тепловую инерцию ограждающей конструкции сильное влияние оказывает влага, находящаяся в материале стены. Например, для стены толщиной 770 мм из красного кирпича плотностью 1800 кг/м^3 на цементно-песчаном растворе при нулевой влажности тепловая инерция составит $D = 9,8$. А для той же стены для условий эксплуатации Б, когда влажность материала составляет всего 3 %, тепловая инерция составит уже 14,4. При этом в 1 м^2 наружной стены будет заключено 39,3 кг влаги. Это показывает, что увеличение влаги на 3 % приводит к увеличению тепловой инерции наружной стены на 47 %.

Третий вариант, когда внутри наружной ограждающей конструкции размещают капсулы с материалом, который может переходить из жидкого состояния в твердое и наоборот, используя теплоту фазового перехода, является наиболее перспективным и находится сейчас в стадии исследования.

В литературе известны различные системы аккумулирования тепловой энергии, когда в наружных стенах используют материалы с изменяющимся фазовым состоянием (МИФС). Надо отметить, что использование теплоты фазового перехода давно и широко применяется в технике [3], где требуется, например, охладить высокотемпературную и теплонапряженную поверхность за счет испарения воды: охлаждение стенок циклонных камер сгорания и др. Здесь используется теплота фазового перехода воды в пар.

В настоящее время идет широкое исследование по вопросу применения МИФС в строительстве, так как при этом предполагается, что будет достигнут эффект энергосбережения и улучшены условия труда и проживания людей.

Большинство исследователей в своих работах рассматривают применение парафино-содержащих и других МИФС [4–18] в капсулированном виде. Исследователи предлагают капсулы заполнять теплоаккумулирующим веществом и помещать их в бетонную или растворную смесь ограждения. За счет этого повышается теплоаккумулирующая способность самой конструкции.

Наиболее подробно описал МИФС и их свойства исследователь Р.А. Назиров со своими коллегами в [19–21], где очень подробно рассмотрено большинство МИФС, применяемых в настоящее время. При этом, как отмечают авторы, практическое применение и разработка ограждающих конструкций с применением МИФС на территории Российской Федерации по настоящее время практически не реализовано ввиду малой исследованности данного направления и недостаточности данных экспериментальных исследований [19].

Достаточно подробно и глубоко МИФС были рассмотрены С.V. Podara и его соавторами в статье [22]. Ими были рассмотрены используемые МИФС в строительстве, в частности в ограждающих конструкциях.

Надо отметить, что часто в наружных ограждающих конструкциях зданий используются материалы на основе бетонов или растворов. В странах с жарким климатом получает распространение использование в ограждающих конструкциях капсул, заполненных парафинообразными веществами с температурой фазового перехода 18–23 °С. За счет этого повышается теплоаккумулирующая способность ограждающей конструкции, что позволяет нормализовать температуру внутри помещений в жаркий период года. При такой температуре фазового перехода парафинообразных веществ сами капсулы должны располагаться ближе к внутренней стороне ограждающей конструкции, чтобы получить наибольший эффект от теплоты фазового перехода веществ. Надо сразу отметить, что теплоаккумулирующая способность у таких жидкостей, как парафины, всегда значительно ниже, чем у воды.

Использование капсул с теплоаккумулирующим веществом в ограждающих конструкциях (особенно из пеноматериалов) с равномерным распределением их по всей толщине конструкции не позволяет использовать концентрированно эффект фазового перехода в случае наступления аварийной ситуации с системой теплоснабжения здания.

Возникает вопрос, а как для наружной стены, выполненной из легких материалов, повысить тепловую инерцию за счет влаги? Использовать капсулы с водой в материале ограждающей конструкции неэффективно, так как в равномерно распределенных по толщине

не ограждения капсулах переход воды в лед будет происходить постепенно и энергия фазового перехода не будет играть решающей роли.

Надо отметить, что в вышеприведенных исследованиях не рассмотрено применение капсулированной воды в ограждающих конструкциях. Это связано с тем, что распределение таких капсул по всему сечению ограждающей конструкции не принесет особого энергетического эффекта в период эксплуатации в зимний период, а только усложнит саму конструкцию.

Предлагаемое решение

Применение воды в качестве теплоаккумулирующей жидкости имеет много достоинств [3]: доступность, пожаробезопасность, высокая удельная теплоемкость, удобство, инертность, экологичность и мн. др. Хотя ей присущи и недостатки, например увеличение объема при образовании твердой фазы в виде льда. Рассматривая воду как наиболее выгодное теплоаккумулирующее вещество, надо отметить ее важное свойство – большую теплоту фазового перехода. Последний фактор имеет очень важное значение при переносе теплоты через наружное ограждение в период отрицательных температур. Однако серьезным недостатком использования воды является изменение ее объема (до 10 %) при переходе из жидкого состояния в твердое.

Многие аккумуляторы тепловой энергии на основе теплоты фазового перехода относятся к системам, когда в процессе фазового перехода «затвердевание – плавление» температура материала остается постоянной. Применение в настоящее время в ограждающих конструкциях воды как теплоаккумулирующего вещества, у которой температура фазового перехода 0°C , а теплота фазового перехода около 334 кДж/кг , предполагает ее использование только в закрытом объеме (капсульное или другое).

Для низких температур, когда в ограждающих конструкциях нужно использовать теплоту фазового перехода воды в лед и льда в воду, исследований мало. Одними из первых использование этого фазового перехода было описано авторами [23], где они предложили для лечения обморожений людей использовать теплоизолирующий чехол с находящейся внутри него ТАВ из льда.

Учитывая все вышесказанное, авторами [24] была предложена новая конструкция наружной стены с ТАВ, которая показана на рис. 2.

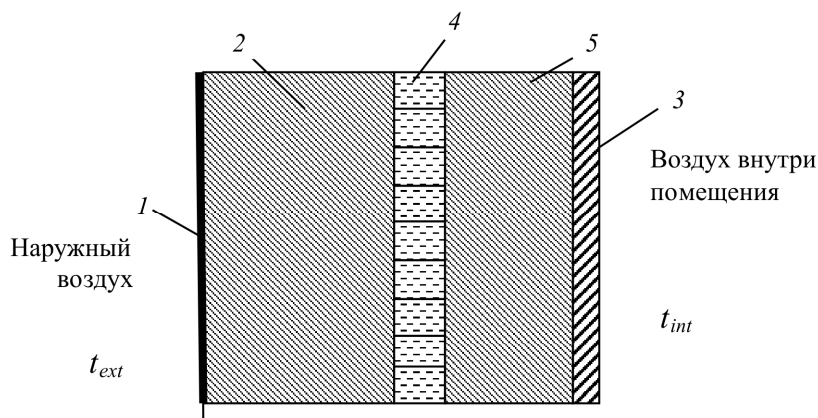


Рис. 2. Стеновая панель здания с теплоаккумулирующей вставкой

Fig. 2. Building wall panel with heat storage insert

Стеновая панель имеет со стороны наружного воздуха защитный слой из тонкопрофильного металла 1, затем идут слои пенополистирола 2 и 5, между которыми размещается теплоаккумулирующая вставка 4, заполненная водой. С внутренней стороны, т.е. со стороны помещения, имеется декоративный облицовочный слой 3, выполненный из многослойной фанеры (МДФ-плита и др.). Теплоаккумулирующая вставка, заполненная водой, располагается в стеновой панели в месте прохождения нулевой изотермы для расчетных зимних условий. Это место определяется расчетом, с учетом свойств теплоизоляционного материала и климатических условий расположения здания. Сама вставка может иметь различное конструктивное решение. Авторами [24] она представлена в виде труб квадратного или прямоугольного сечения из полимерного материала, позволяющего растягиваться при замерзании воды и увеличении объема льда. Трубы создают плоскую стенку внутри ограждающей конструкции.

Принцип работы ТАВ следующий. При отрицательной расчетной температуре наружного воздуха в стене устанавливается стационарный температурный режим. Этот режим определяет плотность теплового потока, проходящего через стену. При отключении системы отопления тепловой поток, идущий к наружному воздуху через стену в зоне отрицательных температур, будет компенсироваться тепловым потоком, идущим на замерзание воды в ТАВ. И пока вся вода в ТАВ не замерзнет, тепловой поток будет практически постоянным. Время, за которое замерзнет вода в ТАВ, будет зависеть от количества воды в ней, т.е. от толщины самой ТАВ. Эта толщина может быть легко определена исходя из температурных условий и тепловых характеристик самой вставки. Таким образом, при реализации такой схемы будет использована запасенная водой теплота и теплота фазового перехода воды в лед, что позволит увеличить время при промерзании наружной стены до состояния, когда на внутренней поверхности стены температура понизится до нуля градусов по Цельсию при аварии или отключении системы отопления здания.

Наиболее просто такая система повышения живучести жилых зданий и обеспечения безопасности нахождения в них работников решается для блок-контейнеров, которые используются при освоении природных богатств Крайнего Севера. Теплоаккумулирующие вставки, имеющие устройства для заливки и слива воды, могут быть заполнены водой при необходимости уже на месте установки.

Теплоаккумулирующая вставка в наружной стеновой панели должна располагаться в месте прохождения нулевой изотермы для расчетных зимних условий эксплуатации здания. Расположение ТАВ внутри стеновой панели определяется расчетом. Если принять условия, как для примера, показанного на рис. 1, для условий г. Сургута, при общей толщине слоя теплоизоляции (пенополистирол) 200 мм нулевая изотерма будет проходить на расстоянии 145 мм от наружной поверхности стеновой панели. Располагая там ТАВ, несложными расчетами с учетом проходящих тепловых потоков через стеновую панель и аккумулированной теплоты всеми слоями стеновой панели и воды, и с учетом фазового перехода воды в лед, можно рассчитать, когда на внутренней поверхности стеновой панели будет достигнута температура 0 °С, если отключится система отопления. При толщине ТАВ с водой 20 мм температура 0 °С на внутренней поверхности стеновой панели будет достигнута через 10 сут, а при толщине ТАВ 50 мм – через 21 сут. Выигранное время может позволить реанимировать систему отопления и сделать труд работников в условиях Крайнего Севера более безопасным.

Предлагаемая ТАВ позволяет оперативно и при необходимости изменить теплоаккумулирующую способность ограждающей конструкции. При этом термическое сопротив-

ление конструкции практически остается прежним, как без ТАВ, и соответствующим условиям эксплуатации здания.

Выводы

1. Предложена новая конструкция наружной ограждающей стены с использованием теплоаккумулирующей вставки.
2. За счет использования толщины теплоаккумулирующей вставки с водой можно варьировать время промерзания наружной стены в случае отключения системы отопления.
3. Использование теплоаккумулирующей вставки в наружных стенах блок-контейнеров позволит сделать труд и проживание работников в условиях низких температур более безопасным.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации.

Библиографический список

1. Технология производства блок-контейнеров. – URL: <https://arcstroy.ru/tekhnologiya-proizvodstva-blok-kontejnerov> (дата обращения: 09.12.2020).
2. Перехоженцев А.Г., Груздо И.Ю. Влияние климатических воздействий на температурно-влажностное состояние поверхностных слоев многослойных наружных ограждающих конструкций зданий // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 4 (46). – С. 143–149.
3. Кузьмин Г.П. Новые технологии использования теплоты фазовых переходов воды // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 5 (ч. 2). – С. 217–221.
4. Левина Ю.С., Усачев С.М., Усачев А.М. Получение энергосберегающих строительных материалов на основе традиционного сырья и теплоаккумулирующих добавок // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 4 (46). – С. 124–126.
5. 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.
6. Веде П.Ю., Киселкин Е.В. Аккумуляция тепловой энергии в ограждающих конструкциях зданий // Эпоха науки (Технические науки). – 2018. – № 14. – С. 165–173.
7. Gracia A.A. de, Cabeza L.F. Phase change materials and thermal energy storage for buildings // Energy and Buildings. – 2015. – Vol. 103. – P. 414–419.
8. Anusha A.S. Phase change materials // International journal of engineering research and general science. – 2016. – Vol. 4, no. 2. – P. 332–338.
9. 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.
10. 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-teploakkumuliruyuschimi-materialami-v-stenah>) (дата обращения: 11.10.2021).

11. 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.

12. Bozhenko A.M., Shevtsova M.A., Albutova T.K. The comparative analysis of different types of insulations in sandwich panels for building construction with metal frame // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2020. – № 10 (52). – P. 5–7.

13. Kraynov D., Medvedeva G.B. Research of thermal performance properties of the wall construction products made of materials using heat power engineering waste // *E3S Web of Conferences. 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering, STCCE 2021*. – 2021.

14. Nanomodified heat-accumulating materials with controlled thermophysical characteristics / A.V. Shchegolkov, S.V. Rama, R. Seeram, P.O. Borovskikh // *Advanced Materials and Technologies*. – 2019. – № 2. – P. 25–31.

15. Дюпин А.В., Корепанов Е.В. Моделирование теплового режима помещения с учетом применения теплоаккумулирующих материалов // *Dtsnybr VUCE*. – 2011. – № 7. – С. 137–142.

16. 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.

17. 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.

18. Применение веществ с фазовыми переходами для аккумулирования 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.

19. Назиров Р.А., Тахтобин А.В. Материалы с изменяющимся фазовым состоянием в ограждающих конструкциях // *Строительные материалы и технологии*. – 2019. – № 6 (86). – С. 66–85.

20. 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.

21. 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.

22. Podara C.V., Kartsonakis I.A., 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. – P. 1–26.

23. Теплоизолирующий чехол для лечения отморожений конечностей в дореактивный и ранний реактивный периоды: пат. Рос. Федерация / Соколович 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.

24. 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 E04B 2/92 (2006.01), E04B 5/48 (2006.01), E04C 2/52 (2006.01), F24D 10/00 (2006.01); заявл. 18.02.2020; опубл 23.12.2020.

References

1. Tekhnologiya proizvodstva blok-konteinerov, available at: <https://arcstroy.ru/tekhnologiya-proizvodstva-blok-kontejnerov> (accessed 9.12.2020).
2. Perekhozhentsev A.G., Gruzdo I.Yu. Vliyaniye klimaticheskikh vozdeystviy na temperaturno-vlazhnostnoye sostoyaniye poverkhnostnykh sloev mnogosloynnykh naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy [Influence of climatic influences on the temperature-humidity state of the surface layers of multilayer external building envelopes]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2018, no. 4 (46), pp. 143-149.
3. Kuz'min G.P. Novyye tekhnologii ispol'zovaniya teploty fazovykh perekhodov vody [New technologies for using the heat of phase transitions of water]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2017, no. 5 (part 2), pp. 217-221.
4. Levina Iu.S., Usachev S.M., Usachev A.M. Poluchenie energosberegaiushchikh stroitel'nykh materialov na osnove traditsionnogo syr'ia i teploakkumuliruyushchikh dobavok [Obtaining energy-saving building materials based on traditional raw materials and heat-storing additives]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2018, no. 4 (46), pp. 124-126.
5. Anpilov S.M., Anpilov M.S., Gainullin M.M. i dr. Sposob stroitel'stva energoeffektivnykh sooruzhenii i sistema podderzhaniya temperatury v sooruzhenii [The method of construction of energy-efficient structures and the system for maintaining the temperature in the structure]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2602225 (2016).
6. Vede P.Yu., Kiselkin Ye.V. Akkumulirovaniye teplovoy energii v ograzhdayushchikh konstruksiyakh zdaniy [Accumulation of thermal energy in building envelopes]. *Epokha nauki (Tekhnicheskiye nauki)*, 2018, no. 14, pp. 165-173.
7. Gracia A.A. de, Cabeza L.F. Phase change materials and thermal energy storage for buildings. *Energy and Buildings*, 2015, vol. 103, pp. 414-419.
8. Anusha A.S. Phase change materials. *International journal of engineering research and general science*, 2016, vol. 4, no. 2, pp. 332-338.
9. Imanaliev K.E., Suleimenov U.S., Kambarov M.A., Ristavletov R.A., Abshenov Kh.A. Energy-saving outer fence with heat storage panel. *The Way of Science*, 2019, no. 9 (67), pp. 24-27.
10. Korepanov E.V. Temperaturnyi rezhim pomeshcheniia s teploakkumuliruyushchimi materialami v stenakh [The temperature regime of the room with heat storage materials in the walls]. *Santekhnika. Otoplenie. Konditsionirovanie*, 2013, no. 10, available at: <https://www.c-o-k.ru/articles/temperaturnyy-rezhim-pomescheniya-s-teploakkumuliruyushchimi-materialami-v-stenakh> (accessed 11.10.2021).
11. Aymbetova I.O., Suleymenov U.S., Kambarov M.A., Kalshabekova E.N., Ristavletov R.A. Teplofizicheskie svoystva fazoperekhodnykh teploakkumuliruyushchikh materialov [Thermophysical properties of phase transition heat storage materials used in construction]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2018, no. 12, pp. 9-13.
12. Bozhenko A.M., Shevtsova M.A., Albutova T.K. The comparative analysis of different types of insulations in sandwich panels for building construction with metal frame. *Components of Scientific and Technological Progress*, 2020, no. 10 (52), pp. 5-7.

13. Kraynov D., Medvedeva G.B. Research of thermal performance properties of the wall construction products made of materials using heat power engineering waste. *E3S Web of Conferences. 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering, STCCE 2021*, 2021.
14. Shchegolkov A.V., Rama S.V., Seeram R., Borovskikh P.O. Nanomodified heat-accumulating materials with controlled thermophysical characteristics. *Advanced Materials and Technologies*, 2019, no. 2, pp. 25-31.
15. Dyupin A.V., Korepanov Ye.V. Modelirovaniye teplovogo rezhima pomeshcheniya s uchetom primeneniya teploakkumuliruyushchikh materialov [Modeling of the thermal regime of the room, taking into account the use of heat storage materials]. *Dtcnybr VUCE*, 2011, no. 7, pp. 137-142.
16. Aleksandrov V.D., Sobol' O.V., Aleksandrova O.V., Sobolev A.Iu., Pokintelitsa E.A., Loiko D.P., Amerkhanova Sh.K. Primenenie fazoperekhodnykh teploakkumuliruyushchikh materialov v stroitel'stve [Application of phase transition heat storage materials in construction]. *Vestnik Donbasskoi natsional'noi akademii stroitel'stva i arkhitektury. Sovremennyye stroitel'nye materialy*, 2016, no. 1 (117), pp. 5-13.
17. Ryessner F., Rudakov O.B., Al'binskaya Yu.S., Ivanova Ye.A., Pertsev V.T. Prime-neniye mikrokapsulirovannykh teploakkumuliruyushchikh materialov s fazovym perekhodom v stroitel'stve [Application of microencapsulated heat storage materials with a phase transition in construction]. *Nauchnyy Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2012, no. 5, pp. 64-70.
18. Baranenko A.V., Kuznetsov P.A., Zakharova V.Yu., Tsoy A.P. Primeneniyе veshchestv s fazovymi perekhodami dlya akkumulirovaniya teplovoy energii [The use of substances with phase transitions for the accumulation of thermal energy]. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*, 2018, vol. 18, no. 6, pp. 990-1000.
19. Nazirov R.A., Takhtobin A.V. Materialy s izmenyayushchimsya fazovym sostoyaniyem v ograzhdayushchikh konstruktsiyakh [Materials with a changing phase state in building envelopes]. *Stroitel'nyye materialy i tekhnologii*, 2019, no. 6 (86), pp. 66-85.
20. Nazirov R.A., Taranenko D.V., Vede P.Yu. Primeneniyе materialov s izmenyayushchimsya fazovym sostoyaniyem v ograzhdayushchikh konstruktsiyakh [Application of materials with a changing phase state in building envelopes]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*, 2019, no. 2 (82), pp. 90-105.
21. Nazirov R.A., Volkov A.N., Peresyarkin E.V. Sposob povysheniia teploemkosti i teploakkumuliruyushchei sposobnosti betonov i stroitel'nykh rastvorov [Method for increasing the heat capacity and heat storage capacity of concretes and mortars]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2 562 633 (2015).
22. Podara C.V., Kartsonakis I.A., Charitidis C.A. Towards phase change materials for thermal energy storage: classification, improvements and applications in the building sector. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 1-26.
23. Sokolovich G.E., Karaush S.A., Bauer V.A. i dr. Teploizoliruyushchii chekhol dlia lecheniia otmorozhenii konechnostei v doreaktivnyi i rannii reaktivnyi periody [Heat-insulating cover for the treatment of frostbite of extremities in the pre-reactive and early reactive periods]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 26934 (2003).
24. Karaush S.A., Gerasimova O.O., Senchenko V.A. Stenovaia panel' zdaniia s teploakkumuliruyushchei vstavkoi [Building wall panel with heat storage insert]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 201619 (2020).