



Регулируемый тепловой режим пассивной утилизации солнечного излучения для снижения нагрузок на системы отопления

Основным и эффективным способом использования солнечной радиации является её преобразование в тепловую энергию, и в этом направлении достигнуты определённые успехи [1–15]: проектируются и в последующем эксплуатируются автоматизированные, а часто и автономные системы солнечного теплоснабжения с абсорберами для нагревания воды или воздуха, применяются эффективные аккумуляторы, в том числе и с материалами, изменяющими своё агрегатное состояние. Большинство гелиоустановок дублируют системы жизнеобеспечения или дополняют их, требуя при этом значительных капитальных затрат на их обустройство.

В основном при использовании такого повсеместно доступного источника энергии, как солнечное излучение, применяются активные тепловые системы утилизации из-за высокого КПД и фотоэлементы, имеющие относительно низкие значения данного показателя, но позволяющие получать электроэнергию без организации сложных и весьма дорогостоящих схем улавливания и преобразования излучения. Энергоактивные наружные ограждения, относящиеся к классу пассивного солнечного отопления, проектируются значительно реже, в том числе и по при-

чине преобладания общепринятой тенденции, повышения сопротивления теплопередачи конструкций. В этом техническом направлении энергосбережения уже достигнут достаточно высокий уровень защиты за счёт применения утеплителей нового поколения, в том числе и мембранного принципа действия. Однако усиление теплозащитных свойств часто ограничивает возможность пассивного использования солнечного излучения, несмотря на его преимущества по отношению к другим системам. Организация такого способа утилизации требует меньших денежных средств, так как можно использовать широко распространённые строительные материалы, обладающие аккумулирующей способностью и высокой степенью надёжности, характерной для всех конструкций, и применяемые при возведении многоэтажных зданий.

Существуют различные схемы энергоактивных наружных ограждений для пассивного солнечного отопления зданий [4, 16–18]. Для необходимого уровня энергосбережения за отопительный сезон на южных фасадах зданий монтируются светопрозрачные теплоизоляционные панели с образованием воздушных прослоек у несущих строительных конструкций.

УДК 697.7:699.8:621.18

Регулируемый тепловой режим пассивной утилизации солнечного излучения для снижения нагрузок на системы отопления

Т. В. Щукина, к.т.н., доцент, профессор; **Р. А. Шепс**, аспирант; **М. Н. Жерлыкина**, к.т.н., доцент, кафедра жилищно-коммунального хозяйства, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет» (ВГТУ)

Анализируется возможность широкого применения гелиоактивных наружных ограждений для энергосберегающей эксплуатации зданий. Для повышения эффективности пассивной утилизации солнечного излучения конструирование систем предполагает индивидуальный подход и учёт климатических особенностей района строительства. Выбор рациональной комбинаторики наружного ограждения должен выполняться по результатам теоретических исследований тепловых режимов. На основе расчётов выявлена энергоактивная зона несущего слоя, защищённого с внешней стороны светопрозрачным ограждением, определена целесообразная для процесса утилизации солнечного излучения толщина аккумулирующего слоя. Предлагаемые инновационные технические решения повышают степень утилизации солнечной энергии, способствуя активному внедрению пассивных систем солнечного отопления.

Ключевые слова: гелиоактивные наружные ограждения, утилизация солнечной радиации, пассивное солнечное отопление, микроклимат помещений.

UDC 697.7:699.8:621.18

The adjustable thermal mode of passive utilization of sunlight for decrease in loads of heating systems

T. V. Shchukina, PhD, Associate Professor; **R. A. Sheps**, PhD student; **M. N. Zherlykina**, PhD, Associate Professor, Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University (VSTU, Voronezh city)

The possibility of broad application of helioactive external barriers for energy saving operation of buildings is analyzed. For increase in efficiency of passive utilization of sunlight designing of systems assumes individual approach and accounting of climatic features of the region of a construction. The choice of rational combination theory of an external barrier shall be carried out by results of theoretical researches of the thermal modes. On the basis of calculations the power active zone of the bearing layer protected from outer side by a translucent barrier is revealed, thickness of a heat-sink layer, reasonable for sunlight utilization process, is determined. The proposed innovative technical solutions raise extent of utilization of a solar energy, promoting active implementation of passive systems of solar heating.

Keywords: helioactive external barriers, utilization of solar radiation, passive solar heating, microclimate of rooms.

Воздух, попадающий в прослойку, под воздействием солнечной радиации нагревается и при необходимости направляется в дополнительный теплоутилизатор вентиляционных выбросов, а затем в помещения. Используют и так называемые «солнечные вентиляционные башни», которые в виде шахт устанавливаются с внешней стороны наружных стен лестничных клеток или каких-либо других простенков. Поверхность подобных шахт может быть выполнена из перфорированных или оребренных металлических пластин с окрасочным покрытием, обладающим высокой поглощающей способностью.

Также применяют конструкции вентилируемых окон, которые частично преобразовывают естественное освещение в тепловую энергию. В отличие от традиционных стеклопакетов, такие окна выполняют в какой-то мере функции солнечных коллекторов, так как имеют в нижней и верхней частях щелевые отверстия для поступления и последующего продвижения воздуха между стеклами.

Одной из последних концепций строительства энергоэффективных зданий является создание систем термоактивных перемещаемых функциональных слоёв в наружных ограждениях, часть из которых может содержать аккумулирующие материалы, претерпевающие изменения агрегатного состояния. Открывание и закрывание слоёв происходит в автоматическом режиме в соответствии с заданной программой регулирования, учитывающей время суток и метеосостояние. Применяя такие сложные системы пассивного отопления, трудно оценить их окупаемость и достигаемый в последующем энергосберегающий эффект, поскольку затраты на сооружение могут значительно превысить экономию потребления традиционных ресурсов.

Противоречием, казалось бы, в таких перспективных решениях является применение материалов с уникальными свойствами, в том числе полученными на основе нанотехнологий, интенсифицирующих процесс утилизации солнечной радиации, но проводящих к значительным затратам денежных средств. Поэтому срок окупаемости при достигаемом существенном снижении потребления традиционных энергоресурсов может увеличиться до нескольких десятков лет.

Данное противоречие с успехом может быть устранено посредством оптимального конструирования наружных ограждений на основе базовых, экологически чистых и проверенных длительной эксплуатацией строительных материалов.



Это, безусловно, станет стимулирующим фактором для широкого распространения пассивного солнечного отопления. Применяя структурные включения, активизирующие поглощение и аккумуляцию солнечного излучения несущим слоем конструкций, можно существенно сократить дополнительные затраты на пассивное отопление при сопутствующем повышении коэффициента полезного действия тепловых процессов.

Следует иметь в виду, что усиление теплозащитных свойств ограждения часто ограничивает возможность пассивного использования солнечного излучения, несмотря на его преимущества по отношению к другим системам

Наряду с инновационным конструированием энергоактивных наружных ограждений должны разрабатываться технические решения, обеспечивающие эффективный отвод избыточной теплоты в летние месяцы, что в какой-то мере пассивную схему переведёт в режим гибридной системы. Существующие теоретические исследования тепловых процессов, генерируемых солнечной радиацией в энергоактивных строительных конструкциях, как правило, включают ограничения, позволяющие решить задачи для конкретных условий. Негативные результаты от вынуждено вводимых допущений проявляются в дальнейшем в отклонениях от расчётных значений достигаемого энергосбережения посредством пассивного отопления. Следует также отметить, что разработанные на их основе рекомендации по проектированию гелиоактивных наружных ограждений имеют значительный диапазон по параметрам возможного многослойного исполнения, что затрудняет конструирование.

Достичь высоких показателей в преобразовании солнечного излучения можно посредством разработки так называемых «энергоактивных наружных ограждений» на основе теоретического исследования тепловых режимов в применяемых для этой цели строительных материалах. Вводимые структурные изменения, усиливающие утилизацию солнечной радиации без привлечения дополнительных значительных средств, предполагают использование широко распространённых недорогих материалов с учётом рекомендаций, составленных по итогам изучения протекающих тепловых процессов.

Для рационального конструирования фасадно-интегрированных систем солнечного теплоснабжения главным вопросом является распределение температуры в поглощающем и аккумулирующем слое. Результатом изучения теплового поля, возникающего в энергоактивных строительных конструкциях из силикатного кирпича под воздействием солнечной радиации, при решении уравнения теплопроводности пластины является зависимость вида [19]:

$$\theta = e^{8,71x} \left[\begin{matrix} 0,00014 \cos(\omega\tau + 8,71x) - \\ - 0,00026 \sin(\omega\tau + 8,71x) \end{matrix} \right] + e^{-8,71x} \left[\begin{matrix} -3,0429 \cos(\omega\tau - 8,71x) - \\ - 4,1347 \sin(\omega\tau - 8,71x) \end{matrix} \right]; \quad (1)$$

где θ — разность температур между переменной T и некоторой средней величиной на поверхности, воспринимающей тепловой поток T_0 , относительно которой происходит колебание этого параметра в конструкции наружного ограждения, °C; x — координата с началом на облучаемой поверхности ($x = 0$) и направленная по оси, перпендикулярной к ней, глубь кирпичной кладки, м; τ — время, с; $\omega = 2\pi/z$ — частота колебаний в угловом измерении; z — продолжительность полного периода тепловых колебаний:

$$z = 24 \times 3600 = 86\,400 \text{ с.}$$

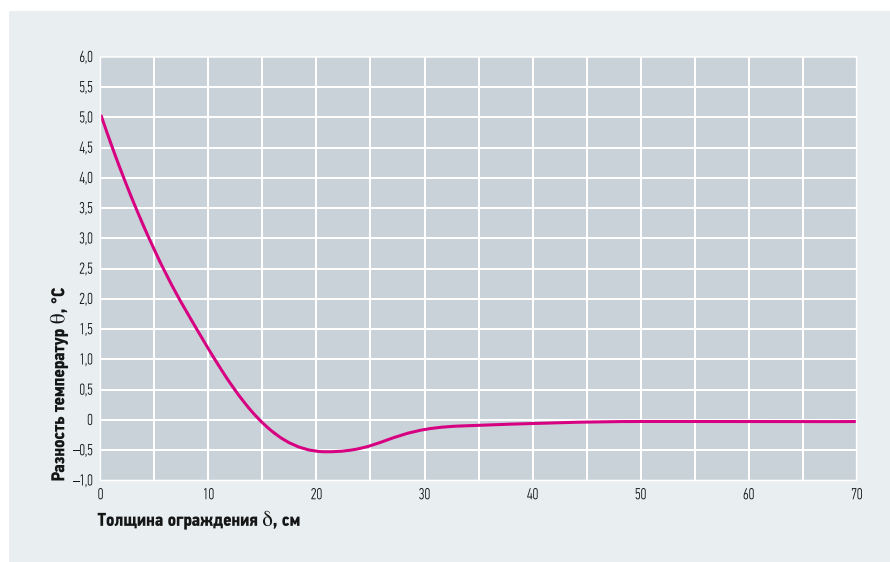


Рис. 1. Изменения относительной температуры в толщине ограждения

Уравнение (1) получено [19] для кирпичной кладки толщиной 510 мм при интенсивности излучения, характерной для начала весеннего сезона, в частности для марта месяца, и для районов, расположенных на 50° с. ш. [20].

В качестве аккумулирующего слоя был выбран силикатный кирпич, как наиболее распространенный материал, а также и с учётом перспективы возможной его внешней облицовки светопрозрачными ограждениями в ходе выполнения действующей программы капитального ремонта в Российской Федерации. Удельная теплоёмкость силикатного кирпича около 0,88 кДж/(кг·°C) [21]. Такую величину с незначительными отклонениями имеют строительные материалы, применяемые для возведения несущих конструкций, поэтому тенденции изменения температурного поля под воздействием солнечной радиации будут типичными и для слоёв ограждений из других материалов.

Как видно из уравнения (1), при увеличении толщины слоя второй его член, описывающий излучение нагретым материалом в окружающую среду, значительно сокращается, поэтому этим составляющим можно пренебречь.

Построенный по зависимости (1) график изменения амплитуды температуры (рис. 1) в 15:00 дня для стены из силикатного кирпича показывает, что интенсивное её затухание происходит в ограждениях толщиной до 250 мм, а при 380 мм и более влияние этих изменений в течение суток на микроклимат помещений значительно уменьшается. Поэтому, если воздушную среду необходимо прогреть в короткий срок, то для пассивного солнечного отопления целесообразно использовать менее массивные строительные

конструкции, применяя их в основном для зданий общественного и производственного назначения с односменным рабочим режимом. В других случаях толщину ограждения также не следует значительно увеличивать, но необходимо устанавливать между остеклением и несущей конструкцией теплозащитные экранирующие средства, регулирующие поступление солнечной радиации [22].

Учитывая сложные метеоусловия зимних сезонов для большинства территорий Российской Федерации, конструкции наружных ограждений, утилизирующие солнечное излучение, должны иметь не только аккумулирующий слой и экранирующие устройства, но и характеризоваться высокими теплозащитными свойствами. Сочетание указанных требований

достигается в инновационном техническом решении [23] с несущим аккумулирующим слоем, закрытым от внешнего воздействия светопрозрачным ограждением и дополнительно имеющим эффективную тепловую изоляцию с организованной воздушной прослойкой.

Представленная на рис. 2 схема наружной стены [23] при её южной ориентации позволяет посредством открытия воздушных клапанов организовать теплосъём с материала, нагреваемого солнечной энергией в холодный период года. При этом температура воздуха, поступающего через нижние воздушные клапаны, повышается при контакте с облучаемой поверхностью, затем через верхние клапаны тёплый воздух направляется в отапливаемое помещение. При закрытых воздушных клапанах слой тепловой изоляции создаёт термическое сопротивление, сокращая теплопотери в отопительный сезон и теплопоступления в летний.

Для эффективной утилизации солнечного излучения следует предусмотреть автоматическое переключение клапанов, используя для этой цели электроэнергию, вырабатываемую малым количеством фотоэлементов, расположенных на гелиоактивном фасаде здания. Кроме того, целесообразно, особенно в южных регионах, установить систему охлаждения аккумулирующего слоя для тёплого периода года, которая, осуществляя избыточный теплосъём, будет направлять нагретый теплоноситель на горячее водоснабжение. Она может быть выполнена посредством размещения пакета труб на поглощающей поверхности аккумулирующего слоя (рис. 3).

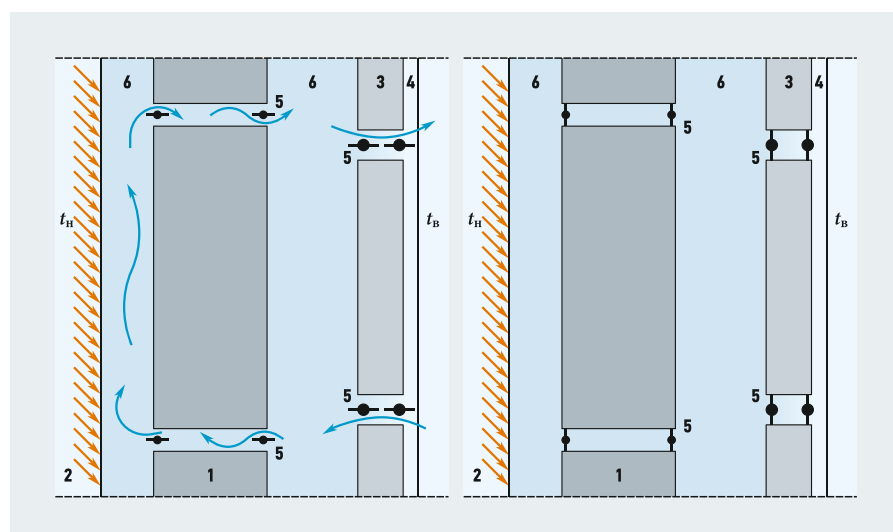


Рис. 2. Схема пассивной утилизации солнечной энергии при энергоактивном наружном ограждении (а — при интенсивном облучении в холодный период года, б — в ночное время или при неблагоприятных погодных условиях в отопительный период, или в летние месяцы; 1 — теплоаккумулирующий несущий слой ограждающей конструкции; 2 — светопрозрачное покрытие; 3 — теплоизоляционный материал; 4 — внутренняя отделка; 5 — клапаны; 6 — воздушная прослойка)

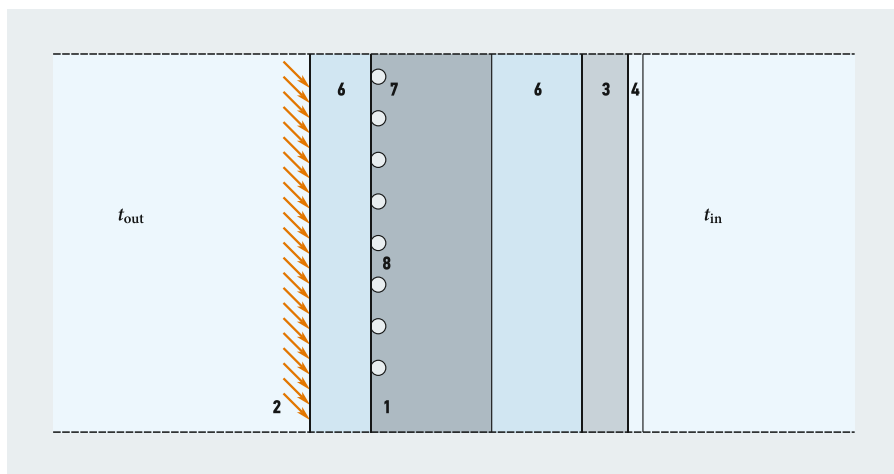


Рис. 3. Вид сверху разреза энергоактивного наружного ограждения (1–6 — то же, что и на рис. 2; 7 — темный окрасочный материал с высоким коэффициентом теплопроводности; 8 — трубы с теплоносителем)

Для более интенсивного отвода избыточной теплоты поверхность с пакетом труб необходимо покрыть окрасочным материалом с высоким коэффициентом поглощения и теплопроводности. При конструировании такой системы охлаждения фотопреобразователи следует размещать на трубах, тем самым предотвращая их перегрев, снижающий воспроизводство электроэнергии.

В российских климатических условиях пассивные системы отопления достигают наибольшей эффективности в переходный период года за счёт полного покрытия теплопотерь помещениями. Для эксплуатации в зимние месяцы они должны обладать высокой степенью защиты от низкотемпературного погодного режима. Опыт строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий с фасадно-интегрированными системами в странах Европы, Северной Америки показывает более высокий результат в утилизации солнечной энергии, так как это объясняется климатической предрасположенностью для эффективного осуществления данных процессов. Следует отметить достигнутый технический уровень автоматического регулирования режимов теплосъёма с энергоактивных ограждений, который необходимо использовать при проектировании зданий в Российской Федерации. В дальнейшем одним из основных научных направлений в области пассивной утилизации излучения станет создание интеллектуального режима управления процессом с оптимальным распределением полученной от возобновляемого источника теплоты.

При конструировании наружного ограждения с функцией приёма, преобразования и передачи солнечного излучения толщина применяемой тепловой изоля-

ции может быть определена посредством теплотехнического расчёта при соблюдении условия энергосбережения [21]. Для ориентировочной оценки необходимого объёма аккумулирующего материала воспользуемся уравнением теплового баланса, пренебрегая конвективным теплообменом в воздушной прослойке, что соответствует режиму закрытых клапанов. Данная замкнутая схема на первоначальном этапе поглощения солнечного излучения южным фасадом позволяет прогреть аккумулирующий слой с превышением температуры внутреннего воздуха помещений. Это условие обеспечит последующий режим теплопередачи внутреннему воздуху отапливаемых помещений.

Для повышения эффективности пассивного солнечного отопления следует использовать остекление с высоким коэффициентом пропускания и окрасочные покрытия, усиливающие поглощающий эффект, а также теплопроводность воспринимающей излучение поверхности аккумулирующего слоя

Учитывая принятое допущение, количество тепла, МДж/(м²·сут.), поглощаемое под светопрозрачным покрытием облучаемой поверхностью наружного ограждения при её площади 1 м², можно определить из выражения:

$$q_k = \bar{E}_{\text{ор}} \Phi \eta_0, \quad (2)$$

где $\bar{E}_{\text{ор}}$ — среднее дневное количество суммарного солнечного излучения, поступающего на вертикальную поверхность с учётом её ориентации за рассматриваемый

месяц, МДж/(м²·сут.); Φ — степень использования солнечной радиации, зависящая от конструктивных особенностей коллекторов и стремящаяся к единице при простых устройствах прямого преобразования солнечной энергии; η_0 — эффективный оптический КПД коллектора пассивной системы утилизации.

Поглощённое излучение будет способствовать прогреву аккумулирующего слоя в соответствии с зависимостью:

$$q_k = c 10^{-3} m (t_k - t_n), \quad (3)$$

где c — удельная теплоёмкость аккумулирующего материала, кДж/(кг·°С); m — масса нагреваемого материала, кг; t_n и t_k — начальная и конечная температура аккумулирующего слоя, °С.

Задаваясь толщиной облучаемого слоя, при размере его воспринимающей поверхности 1000×1000 мм из уравнений (2) и (3) можно найти конечную температуру при среднемесячных актинометрических показателях и температуре наружного воздуха:

$$t_k = t_n + \frac{\bar{E}_{\text{ор}} \Phi \eta_0}{\delta \rho c}, \quad (4)$$

где δ — толщина аккумулирующего железобетонного слоя, м; ρ — плотность материала, кг/м³.

Рассмотрим на примере климатических условий Московской области [20] (55° с. ш.) достигаемые температурные показатели в железобетонном несущем слое наружного ограждения южной ориентации при пассивной утилизации солнечного излучения.

Представленные на рис. 4 результаты расчётов показывают необходимость применения аккумулирующей конструкции, толщина которой должна быть не более 70 и не менее 50 мм при средних КПД для такого типа солнечных коллекторов, не превышающих значение 0,4. Для повышения эффективности пассивного солнечного отопления следует использовать остекление с высоким коэффициентом пропускания и окрасочные покрытия, усиливающие поглощающий эффект, а также теплопроводность воспринимающей излучение поверхности аккумулирующего слоя. Тогда при прогнозируемом увеличении КПД до значения 0,5 несущий слой железобетона необходимо проектировать толщиной от 100 до 70 мм, что в соответствии с рассмотренной теорией теплового режима обеспечит его достаточно хорошее для утилизации солнечной энергии прогревание. Если предусматривать незначительную толщину конструкции, то достигаемая высокая температура в его слое позво-

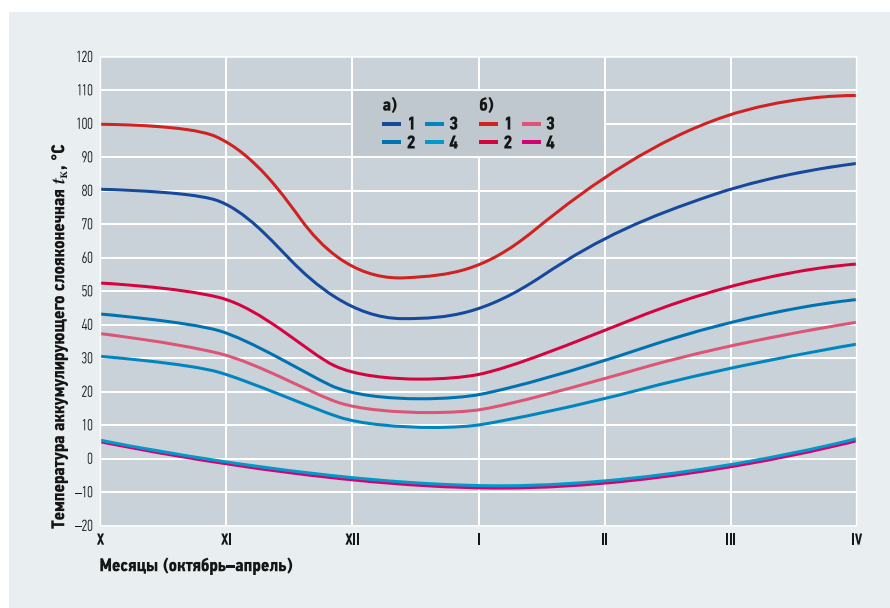


Рис. 4. Достигаемая под воздействием солнечного излучения в условиях 55° с. ш. средне-месячная температура аккумулирующего железобетонного слоя при различной его толщине (а — при современных КПД пассивных систем, равных 0,4, б — с учетом дальнейшего повышения оптических показателей и достижения КПД значения 0,5; 1, 2 и 3 — температура прогрева слоя при его толщине 50, 100 и 150 мм, соответственно; 4 — среднемесячная температура наружного воздуха)

лит на поглощаемой поверхности разместить систему водяного охлаждения [23], что в летний и переходный период позволит направлять теплоноситель в систему горячего водоснабжения.

Проводимые исследования, как правило, сводятся к поиску решений в покрытии возобновляемым источником нагрузок зданий на электроснабжение, горячее водоснабжение и частично на отопление. Но достаточно низкая цена на энергоносители и отсутствие стимулирующей нормативно-законодательной базы не способствует распространению альтернативных источников энергии в Российской Федерации. Доступность подключения к газовым сетям, невысокая стои-

мость топливных ресурсов, а также охват всех населённых территорий системами электроснабжения приводит к нерентабельности активных гелиоустановок.

Следовательно, исходя из сложившейся ситуации необходимо использовать энергию солнца не в системах жизнеобеспечения зданий, а в ограждающих конструкциях.

Поиск материалов, созданных с привлечением высоких технологий, приводит к проявлению в строительной отрасли аккумулирующих компонентов, претерпевающих при эксплуатации фазовые переходы, и светопрозрачных ограждений, меняющих уровень затенения в зависимости от необходимой степени освещенности.

В климате РФ пассивные системы отопления достигают наибольшей эффективности в переходный период года. Для эксплуатации в зимние месяцы они должны обладать высокой степенью защиты от низкотемпературного погодного режима

щённости. Такие технические достижения приводят к серьёзному возрастанию стоимости недвижимости и не гарантируют высоких показателей в пассивной утилизации солнечной энергии.

Поэтому решение вопросов рационального конструирования наружных ограждений на основе традиционных строительных материалов, где несущий слой может одновременно выполнять функции аккумулятора, а расположение тепловой изоляции позволяет избежать как тепловых потерь, так и избыточных теплопоступлений в летние месяцы, является крайне необходимым. При практически равнозначном энергосберегающем эффекте затраты на такие системы будут незначительными по сравнению с устройствами сложной технологии изготовления.

Кроме того, следует отметить, что срок нормативной эксплуатации новых материалов с различными химическими структурами ограничен, а необходимая для экологической безопасности переработка после демонтажа, как правило, требует дополнительных денежных средств.

Поэтому именно инновационные конструкторские решения будут способствовать расширению области применения систем пассивной утилизации солнечной энергии, включая более северные территории Российской Федерации. ●

- Баскаков А.П., Мунц В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. — М.: ИД «Бастет», 2013. 368 с.
- Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение: мировой опыт и перспективы российской гелиотехники // Альтернативная энергетика, 2013. №8. С. 42–48.
- Бутузов В.А., Бутузов В.В. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии: Справочно-методическое издание. — М.: «Интехэнерго-Издат», «Теплоэнергетик», 2015. 304 с.
- Даффи Дж., Бекман У. Основы солнечной теплоэнергетики. — Долгоп.: ИД «Интеллект», 2013. 888 с.
- Земсков В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК. — СПб.: Изд-во «Лань», 2014. 368 с.
- Смирнова О.А., Ващинская И.В., Аветисян Ю.Э. Исследование теплофизических свойств абсорбентов для надувных воздушных солнечных коллекторов // Инновационная наука, 2015. №8. Ч. 2. С. 76–78.
- Tian Y., Zhao C.Y. A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications // Applied Energy. 2013. No. 104. P. 538–553.
- Schoof Mareike, Resch Bernd, Ludwig Dorothea. A GIS-based concept for solar energetic examination of new building projects // GIS and Science. 2013. Vol. 26. №3. P. 97–103.
- D'Antoni M., Saro O. Energy potential of a Massive Solar-Thermal Collector design in European climates // Solar Energy. 2013. No. 93. P. 195–208.
- Student solar heizen // Sonne Wind und Warme. 2014. Vol. 38. No. 3. P. 24.
- Tan Alex Yong Kwang, Wong Nyuk Hien. Influences of ambient air speed and internal heat load on the performance of solar chimney in the tropics // Solar Energy. 2014. No. 102. P. 116–125.
- Tyagi R.K., Ranjan Ravi, Kishore Kunal. Performance studies on flat plate solar air heater subjected to various flow patterns // Heliotechnic. 2014. No. 2. P. 38–43.
- Kaluri R., Vijayaraghavan S., Ganapathisubbu S. Model development and performance studies of a concentrating direct absorption solar collector // J. Solar Energy Eng. 2015. Vol. 137. No. 2. P. 210–215.
- Bahrehand D., Ameri M. Energy and exergy analysis of different solar air collector systems with natural convection // Renewable Energy. 2015. No. 74. P. 357–368.
- Kong Weiqiang, Perers Bengt, Fan Jianhua, Furbo Simon et al. A new Laplace transformation method for dynamic testing of solar collectors // Renewable Energy. 2015. No. 75. P. 448–458.
- Петров В.М. Оценка поступления солнечной энергии на поверхности активных фасадно-интегриро-

- ванных солнечных систем энергоснабжения // Альтернативная энергетика, 2014. №11. P. 85–91.
- Турулов А.В. Гелиоактивные стены зданий. — М.: Изд-во «АСВ», 2011. 168 с.
- Yannick B., Biwole P.H., Achard P., Hebert S. et al. Full scale experimentation on a new translucent passive solar wall combining silica aerogels and phase change materials // Solar Energy. 2015. No. 115. P. 733–742.
- Шукина Т.В., Чудинов Д.М. Исследование эффективности энергоактивных ограждений для пассивного солнечного отопления // Промышленная энергетика, 2007. №8. С. 52–54.
- СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. Минрегион России. — М.: ООО «Аналитик», 2012. 108 с.
- СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Минрегион России. — М.: ООО «Аналитик», 2012. 95 с.
- Патент 2327847 МКИ Е06В 9/24. Солнцезащитное окно / Шукина Т.В., Чудинов Д.М., Кузнецова Л.В. Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. №2006136742, заявлено 16.10.2006, опубл. 27.06.2008. Бюл. №18.
- Заявка на изобретение №2015106253 от 24.02.2015. Солнечный тепловой коллектор.

References — see p. 94.

The adjustable thermal mode of passive utilization of sunlight for decrease in loads of systems of heating. Pages 55–59.

T. V. Shchukina, PhD, Associate Professor; **R. A. Sheps**, PhD student; **M. N. Zherlykina**, PhD, Associate Professor, the Department of housing and communal services, Voronezh State Technical University (VSTU)

1. Baskakov A.P., Munc V.A. Netradicionnye i vozobnovljaemye istochniki jenergii [Alternative and renewable energy sources]. Moscow. Izdatel'skij dom Bastet [“Bastet” Publishing House]. 2013. 368 p.
2. Butuzov V.A. Solnechnoe teplosnabzhenie: mirovoj opyt i perspektivy rossijskoj geliotekhniki [Solar heating: international experience and prospects of the Russian solar technology] // Al'ternativnaja jenergetika i jekologija [Alternative Energy and Ecology]. 2013. No. 8. Pp. 42–48.
3. Butuzov V.A., Butuzov V.V. Ispol'zovanie solnechnoj jenergii dlja proizvodstva teplovoj jenergii: Spravochno-metodicheskoe izdanie [The use of solar energy for thermal energy production. The referential methodical issue]. Moscow. “Intehjenergo-Izdat”, “Teplojenergetik” [“Intekhenego-Izdat”, “Heat-power engineering specialist”]. 2015. 304 p.
4. John Daffi, William Beckman. Osnovy solnechnoj teplojenergetiki [Fundamentals of solar thermal power]. Dolgoprudny. Izdatel'skij dom Intellect [“Intelligence” Publishing House]. 2013. 888 p.
5. Zemskov V.I. Vozobnovljaemye istochniki jenergii v APK [Renewable energy in the agro-industrial complex]. Saint-Petersburg. Izdatel'stvo Lan' [“Fallow-deer” Publishing House]. 2014. 368 p.
6. Smirnova O.A., Vashhinskaja I.V., Avetisjan Ju. Je. Issledovanie teplofizicheskikh svojstv absorberentov dlja naduvnykh vozdušnykh solnechnykh kollektorov // The research of thermal properties of absorbers for inflatable air solar collectors // Innovacionnaja nauka [Innovative Science]. 2015. No. 8. Part 2. Pp. 76–78.
7. Tian Y., Zhao C.Y. A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications // Applied Energy. 2013. No. 104. Pp. 538–553.
8. Schoof Mareike, Resch Bernd, Ludwig Dorothea. A GIS-based concept for solar energetic examination of new building projects // GIS and Science. 2013. Vol. 26. No. 3. Pp. 97–103.
9. D'Antoni M., Saro O. Energy potential of a Massive Solar-Thermal Collector design in European climates // Solar Energy. 2013. No. 93. Pp. 195–208.
10. Student solar heizen // Sonne Wind und Warme. 2014. Vol. 38. No. 3. P. 24.
11. Tan Alex Yong Kwang, Wong Nyuk Hien. Influences of ambient air speed and internal heat load on the performance of solar chimney in the tropics // Solar Energy. 2014. No. 102. Pp. 116–125.
12. Tyagi R. K., Ranjan Ravi, Kishore Kunal. Performance studies on flat plate solar air heater subjected to various flow patterns // Solar Technology. 2014. No. 2. Pp. 38–43.
13. Kaluri R., Vijayaraghavan S., Ganapathisubbu S. Model development and performance studies of a concentrating direct absorption solar collector // J. Solar Energy Eng. 2015. Vol. 137. No. 2. Pp. 210–215.
14. Bahrehmand D., Ameri M. Energy and exergy analysis of different solar air collector systems with natural convection // Renewable Energy. 2015. No. 74. Pp. 357–368.
15. Kong Weiqiang, Perers Bengt, Fan Jianhua, Furbo Simon et al. A new Laplace transformation method for dynamic testing of solar collectors // Renewable Energy. 2015. No. 75. Pp. 448–458.
16. Petrov V.M. Ocenka postuplenija solnechnoj jenergii na poverhnosti aktivnykh fasadno-integrirovannykh solnechnykh sistem jenergosnabzhenija [Estimate of solar energy on the surface of active facades-integrated solar power systems] // Al'ternativnaja jenergetika i jekologija [Alternative Energy and Ecology]. 2014. No. 11. Pp. 85–91.
17. Turulov A.V. Geliioaktivnye steny zdaniy [Helioactive walls of buildings]. Moscow. Izdatel'stvo ASV [DIA Publishers]. 2011. 168 p.
18. Berthou Yannick, Biwole Pascal Henry, Achard Patrick, Sallee Hebert et al. Full scale experimentation on a new translucent passive solar wall combining silica aerogels and phase change materials // Solar Energy. 2015. No. 115. Pp. 733–742.
19. Shchukina T.V., Chudinov D.M. Issledovanie jeffektivnosti jenergoaktivnykh ograzhdenij dlja passivnogo solnechnogo otopenija [The research of efficiency of energy active enclosures for passive solar heating] // Promyshlennaja jenergetika [Industrial Energy]. 2007. No. 8. Pp. 52–54.
20. SP [Set of Rules] 131.13330.2012. Stroitel'naja klimatologija. Aktualizirovannaja redakcija SNiP [Building climatology. An actualize release of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia)] 23-01–99*. Minregion Rossii [Ministry of Regional Development of the Russian Federation]. Moscow. OOO “Analitik” [Analyst LLC]. 2012. 108 p.
21. SP [Set of Rules] 50.13330.2012. Teplovaja zashhita zdaniy. Aktualizirovannaja redakcija SNiP [Thermal protection of buildings. An actualize release of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia)] 23-02–2003. Minregion Rossii [Ministry of Regional Development of the Russian Federation]. Moscow. OOO “Analitik” [Analyst LLC]. 2012. 95 p.
22. Patent No. 2327847 MCI E06B 9/24. Solncezashhitnoe okno [Solar-protective casement] / Shchukina T.V., Chudinov D.M., Kuznetsova L.V. Voronezhskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet [Voronezh State Architectural and Construction University]. No. 2006136742. Decl. of Nov 16 of 2006. Publ. of June 27 of 2008. Bul. No. 18.
23. Request for the invention. No. 2015106253 of Feb 24 of 2015. Solar thermal collector.