

DOI: 10.12737/article\_5bf7e355027619.97452373

<sup>1,\*</sup>Аляутдинова Ю.А.<sup>1</sup>Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

Россия, 414056, Астрахань, ул. Татищева, д. 18

\*E-mail: alautd@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЗДАНИЯ

**Аннотация.** Научно-технический прогресс все увеличивает скорость роста, тем самым повышая потребность в энергии во многих отраслях народного хозяйства. Путь, на который вступили развитые страны после 70-ых годов прошлого века – это путь энергосбережения. Российская Федерация пока идет по пути наращивания потребления энергоресурсов. Не исключением является жилищно-коммунальное хозяйство. Около 80 % энергоресурсов жилищно-коммунального хозяйства идет на обеспечения отопления зданий. Такой большой процент объясняется снижением энергоэффективности зданий в связи с истекшим сроком службы строительных конструкции зданий, а также не соблюдения нормативов при возведении новых. Если в решении этого вопроса обратиться к опыту развитых стран, то можно увидеть пути решения этого вопроса. Одно из тенденций энергосбережения – это использования солнечной энергетики. Есть два способа применения солнечной энергии: пассивный метод (улучшения характеристик здания) и активный метод (гелиоколлектор). Один из замыслов энергосбережения в пассивном доме связан с архитектурно-планировочными решениями: применение стены «Тромба-Мишеля»; создание стеклянного каркаса для защиты здания от негативного воздействия окружающей среды, так называемые «дома – теплицы». При эксплуатации в России имеются ряд недостатков. В первом случае – это низкое термическое сопротивление ограждающих конструкций (остекления), во втором случае – это высокая стоимость капитальных вложений при постройке такого дома. При комбинировании этих двух видов, можно предложить использовать воздушную прослойку, которая позволяет увеличить термическое сопротивление ограждающей конструкции на 30 %.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, стена «Тромба-Мишеля», энергосберегающие технологии, воздушная прослойка, «пассивный» дом, термическое сопротивление ограждающих конструкций.

**Введение.** На данный момент одной из главных проблем современного мира является наращивание темпа развития промышленности, за которым стремится и рост потребления энергоресурсов. Особенно это актуально для стран с развивающейся экономикой, к их числу принадлежит и Россия. Одной из ведущих отраслей, расходующих значительное количество природных ресурсов в нашей стране, считается система жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Современную Россию можно назвать северной страной: ее основная часть расположена между 70° и 50° северной широты, около 20 % территории лежит за Северным полярным кругом, следовательно, на отопление зданий тратится до 80 % от общего числа тепловой энергии, потраченной на ЖКХ. Во всех развитых странах эта цифра падает, однако в России она растет. Из этого вытекают два важных для нас момента: увеличение строительства нового жилья и ухудшение качества эксплуатируемого, построенного до 2000 года [1–2].

В связи с последними тенденциями на мировом рынке энергоресурсов в России все больше и больше внимания уделяется вопросу энергосбережения. На государственном уровне давно принят закон «Об энергосбережении и о повышении

энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», однако данный момент ситуация в сторону экономии не сильно продвинулась, регионах она складывается еще хуже [3]. Некоторые строящиеся дома еще не соответствуют нормативным документам (СНИПам и ГОСТам). Повышение цен на топливно-энергетические ресурсы внутри страны уже началось: первое повышение коснулось цены бензина, постепенно будут повышаться преискурранты газа и электричества. Следовательно, российскому потребителю придется использовать энергосберегающие технологии

**Основная часть** В странах ЕС программы по снижению энергопотребления начали разрабатываться с 80-ых годов прошлого века, поэтому изучение их опыта и применение его на практике насущно и для нашей страны [4–5].

Разумеется, нельзя идентифицировать климат северных европейских стран с климатом нашей страны: различия наблюдаются и в продолжительности отопительного периода, и в средних наружных температурах; однако некоторые решения можно применить и в наших условиях. Энергосбережение в области ЖКХ стран ЕС идет в трех направлениях:

1. Сокращение теплопотерь зданиями (термос-здания);

2. Пассивное и активное использование возобновляемых источников энергии (солнечные коллекторы и ветрогенераторы);

3. Внедрение новых информационных технологий в управление микроклиматом внутри здания, так называемый «умный дом» [15].

Рассмотрим второе направление более подробно. Проанализируем использование солнечной энергии в условиях Российской Федерации. Солнце является причиной многих необходимых процессов на нашей планете, его энергия дарит нам жизнь, так как является ее источником. Оно также участвовало в создании энергоресурсов, которые активно тратятся сейчас. Солнечная энергетика в свою очередь является одним из перспективных направлений развития возобновляемых источников энергии.

По данным исследований, проводившихся в Институте энергетической стратегии, солнечная энергетика в России составляет более 2300 млрд тонн условного топлива, экономический потенциал – 12,5 млн т.у.т. Стоит, однако заметить, что ввиду особенности географического расположения Российской Федерации, мощность солнечной радиации значительно изменяется от 810 кВт-час/м<sup>2</sup> в год в отдаленных северных районах, до 1400 кВт-час/м<sup>2</sup> в год в южных районах. Еще одним немаловажным фактором влияющим на плотность солнечной энергетике являются сезонные колебания, максимальные в летний период (11,41кВт-час/м<sup>2</sup> в день), минимальные, соответственно в зимний период (1,69кВт-час/м<sup>2</sup>) [1,6].

Потенциал солнечной энергии наиболее велик на юго-западе (Северный Кавказ, район Черного и Каспийского морей), в Южной Сибири, и на Дальнем Востоке. Наиболее перспективные регионы в плане использования солнечной энергетике – Калмыкия, Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край, Волгоградская область, Астраханская область и другие регионы на юго-западе, Алтай, Приморье, Читинская область, Бурятия и другие регионы на юго-востоке. Причем некоторые районы Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока превосходят уровень солнечной радиации южных регионов [7].

Как же можно использовать солнечную энергетике? Есть два способа – активный (солнечные батареи и солнечные коллекторы) и пассивный. Доминирующей концепцией дома пассивного вида становится архитектурно-планировочное решение. В эксплуатируемый объем здания должно как можно больше попадать солнечной энергии от зимнего солнца. Поэтому дом

должен быть ориентирован по сторонам света. Планируется, что северная часть дома будет глухо и хорошо термоизолированной, противоположная часть (южная) будет как можно больше иметь больших панорамных окон для поглощения солнечной энергии. Пассивный способ получения пользы от солнца состоит в том, что солнечная энергия проникает в здание через ограждающие конструкции. Для более эффективного использования этой энергии, ограждающие конструкции должны быть из светопрозрачного материала. Чаще всего используют стекло или бесцветный сотовый поликарбонат. Сотовый поликарбонат – достаточно капризный материал, который требует особых условия хранения перед установкой, а также высококачественной профессиональной установки. Только в этом случае получается конструкция, сохраняющая эксплуатационные свойства на десяток лет. Стекло, а именно стеклопакеты, являются более дорогим материалом, но менее требовательны к условиям хранения и установки. Чтобы наиболее эффективно использовать стеклопакеты, лучше всего устраивать панорамное остекление: во-первых, по максимуму используется благоприятное воздействие естественного освещения на организм человека, а во-вторых, свет наиболее полно попадает внутрь помещения [8–9].

Известный пример применения пассивного использования солнечной энергии – это стена «Тромба-Мишеля» (рис. 1) [10].

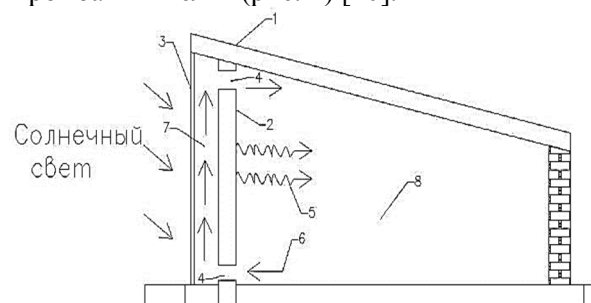


Рис. 1 Стена «Тромба-Мишеля»:

- 1 – здание; 2 – массивная стена; 3 – остекление;  
4 – отверстия для прохождения воздуха; 5 – нагретый воздух; 6 – воздух; 7 – воздушная прослойка;  
8 – отапливаемое помещение.

Разберем принцип ее работы: через остекление (3) солнечные лучи попадают внутрь помещения (8), где они нагревают стену (стена должна быть массивной и окрашена в черный цвет), после того как стена нагреется, она отдает тепло обогреваемому помещению, также используется рассеянное излучение, образующее в воздушной прослойке (7), путем нагревания воздуха, который через отверстия (4) попадает в помещение.

Еще один вид здания пассивного типа – это дома-теплицы. Дом закрывается каркасом из стекла, который защищает его от негативного воздействия климата и является теплоизолятором для дома, тем самым увеличивая энергоэффективность. За счет чего это происходит? Внутри пространства каркаса создаются тепловые потоки воздуха, не дающие теплу от дома уходить в холодную окружающую среду. Еще одна полезная опция – возможность устраивать приусадебные участки и выращивать огородно-культурные растения даже в северных странах. Впервые идея такого дома прозвучала в 70-х годах прошлого века, но тогда большого распространения она не получила. Сейчас, с развитием строительных технологий, в ЕС вновь вернулись к этой забытой идее.

Проблема домов, использующих стену «Тромба-Мишеля» – это большие панорамные окна, необходимые для прохождения солнечного света. Как известно, остекление имеет достаточно низкий коэффициент термического сопротивления теплопередачи ( $R_i$ ), даже при наличии пятикамерных окон с двухкамерным остеклением коэффициент составляет в среднем  $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Общие теплопотери через конструкцию складываются как удельные теплопотери через ограждающую конструкцию [11–12]:

$$q_{o.k.} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\alpha_v} + R_i + \frac{1}{\alpha_n}} \quad (1)$$

где  $q_{o.k.}$  – плотность теплового потока через ограждающие конструкции,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $\Delta t$  – температурный напор между грузом и расчетной наружной температурой:

$$\Delta t = t_b - t_n; \quad (2)$$

$\alpha$  – коэффициент теплоотдачи,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $R_i$  – приведенной коэффициент сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Индексы:  $v$  – расчетные параметры внутренней среды,  $i$  – параметры ограждающей конструкции,  $n$  – расчетные параметры окружающей среды,  $o.k.$  – ограждающая конструкция.

Суммарные теплопотери будут определяться через площадь наружной конструкции по формуле:

$$Q_{o.k.} = q_{o.k.} \cdot F_{o.k.} \quad (3)$$

где  $Q$  – тепловой поток,  $\text{Вт}$ ;  $F$  – площадь,  $\text{м}^2$ .

Коэффициент теплоотдачи воздуха со стороны внутренней стенки можно взять из таблицы 4 (СНиП 23-02-2003):

$$\alpha_v = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Подставив значения, мы получим:  $q_{o.k.} = 42 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , а для стены по нормативным значениям:  $q_{o.k.} = 14 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Разница есть ощутимая. Сложности использования дома-теплицы – это дорогостоящие технологии возведения стеклянных каркасов. Не каждая фирма возьмется за этот проект, да и конечному потребителю он обойдется не дешево.

А что, если скомбинировать эти два вида (рис. 2), тогда у нас получится здание с воздушной прослойкой.

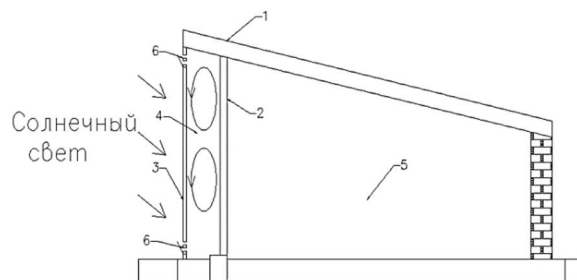


Рис. 2. Здание с воздушной прослойкой:

- 1 – здание; 2 – горизонтальные жалюзи;
- 3 – остекление; 4 – воздушная прослойка;
- 5 – отапливаемое помещение; 6 – отверстие для прохода воздуха

Например, стену можно сделать не массивной, а достаточно легкой, и материал заменить не на поглощающий, а на отражающий, сделать что-то похожее на горизонтальные жалюзи. Солнечная энергия проходила бы через стекло (3), попадала бы на стену (2) и отражалась, рассеиваясь и тем самым нагревая воздух в воздушной прослойке (4). По законам физики теплый воздух поднимается вверх, упирается в потолок и холодное стекло, тем самым охлаждаясь, и опускаясь вниз. При условии, если у нас ограничена толщина воздушной прослойки, то воздуху значительно сложнее опускаться вниз, встречные потоки воздуха затрудняют ему движения. В результате этих движений структура потоков имеет ячеистый характер, не дающий тепловой энергии выходить через окно в окружающую среду. Такое движение воздуха наблюдается в домах-теплицах под стеклянным каркасом. В теплый период года для предотвращения попадания теплого воздуха внутрь помещения используются отверстия (6) в остеклении. Они позволяют нагретому воздуху из воздушной прослойки выходить в окружающую среду, уменьшая тепловую нагрузку на помещение. Теперь при расчете теплопотерь к сопротивлению теплопередачи ограждающих конструкций добавится сопротивление воздушной прослойки  $R_{в.п.}$ :

$$q_{o.k} = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\alpha_e} + R_i + R_{e.n} + \frac{1}{\alpha_n}} \quad (4)$$

Вычислим  $R_{в.п.}$ , используя приложение Е (СНиП 23-02-2003). После уточнения толщины воздушной прослойки во время вычислений итераций получается;  $R_{в.п.} = 1,219 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ . Подставляем значение в (4), получаем:  $q_{o.k} = 21 \text{ Вт/м}^2$ . Если сравнить с утепленной стеной ( $14 \text{ Вт/м}^2$ ), результат не дотягивает, но по сравнению с остеклением ( $42 \text{ Вт/м}^2$ ) наблюдается улучшение сопротивления теплопередачи.

**Выводы** В ходе проведенного обзора была рассмотрена только малая возможность применения энергосберегающих технологий, которая активно используется в развитых странах. Применение этих принципов требует согласования с нашими климатическими условиями. Проанализировав географические условия можно сделать вывод о выгоде использования солнечной энергии даже в такой северной стране, как Российская Федерация. Конечно, стоит учитывать поправки на климат и другие особенности природы разных районов государства [13–14]. Увидели, что принципы, известные в странах, сделавших ставку на энергосбережение, можно и нужно применять в нашей стране. В ходе работы были изучены два вида здания пассивного энергосбережения, выявлены их особенности, применение которых позволит снизить теплопотери строения в окружающую среду, а также их недостатки, тормозящие массовое распространение. Предложено комбинированное использование двух рассмотренных видов здания, подсчитан процент улучшения термического сопротивления (почти в два раза). В натуральных замерах это не будет выглядеть таким впечатляющим, но снижение на 30% можно спрогнозировать. Стоит также отметить, что на активное использование новых энергосберегающих технологий влияет ситуация на внутреннем рынке энергоресурсов, однако совсем скоро ситуация будет меняться – нефть и газ будут дорожать. Следовательно, картина на рынке энергосберегающих технологий в России рано или поздно изменится [16].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овчинников Ю.В., Григорьева О.К., Францева А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. пособие. Новосибирск: изд-во НГТУ, 2015. 258с.
2. Волков А.А., Вахидова Б.Р. Энергосбережение в строительстве: из опыта стран ЕС // Интерактивная наука. № 7. С. 33–35.
3. Виньков А., Имамутдинов И., Медовников Д., Оганесян Т., Розмирович С., Хазбиев А., Щукин А. Инновации в строительном кластере: барьеры и перспективы. [Электронный ресурс] // Режим доступа: [www.rusdr.ru](http://www.rusdr.ru).
4. Фадеев А.В. Практика мирового энергосбережения: технологии и инструменты // Информационный бюллетень «Энергосовет». 2010. №5 С. 15–16.
5. Шуткин О.И. Проблемы использования солнца [Электронный ресурс]. URL [http://www.ng.ru/energy/2011-10-11/9\\_sun\\_energy.html](http://www.ng.ru/energy/2011-10-11/9_sun_energy.html)
6. География России [Электронный ресурс]. – URL <https://geographyofrussia.com>.
7. Матчина Е. Типы климата в России: описание, характеристики и особенности [Электронный ресурс]. URL <https://www.syl.ru/article/370592/tipyi-klimata-v-rossii-opisanie-harakteristiki-i-osobennosti>
8. James Ayre . Passive Solar House Design Basics – Orientation, Design Elements, & Materials - [Электронный ресурс]. URL <https://cleantech-nica.com/2018/03/31/passive-solar-house-design-basics-orientation-design-elements-materials/>
9. Максимова Л. М. Дом-термос, или как не платить за отопление [Электронный ресурс]. URL <https://www.eprussia.ru/teploenergetika/25/3187731.htm>
10. Конев А.А. Стена Тромба в доме — как использовать пассивное солнечное тепло [Электронный ресурс]. URL <http://gidproekt.com/stena-tromba-v-dome-kak-ispolzovat-passivnoe-solnechnoe-teplo.html>.
11. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. Изд. 2-е стереотип. М.: Энергия, 1977. 344с.
12. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. Изд. 5-е перераб. и доп. М.: Атомиздат, 1974. 416с.
13. Энергоэффективность и энергосбережение как факторы успешности бизнеса: проблемы и решения [Электронный ресурс] URL <https://www.kp.ru/guide/ienergoberezhenie-i-povyshenie-ienergeticheskoi-ineffektivnosti.html>
14. Пашута О. Энергоэффективность зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL <http://fb.ru/article/369581/energoeffektivnost-zdaniy-i-sooruzheniy>
15. Van Decker, G.W.E., K.G.T. Hollands, and A.P. Brunger. 2001. Heat-exchange relations for unglazed transpired solar collectors with circular holes on a square of triangular pitch // Solar Energy. 2001. Vol. 71. No. 1. Pp 33-45.
16. Москалёва Е. Г., Чегодайкина Ю. А., Шукшина М. А. Проблемы и перспективы развития

энергосбережения в российской строительной отрасли // Молодой ученый. 2015. №8. С. 585–587.

URL <https://moluch.ru/archive/88/17125/> (дата обращения: 18.07.2018).

#### Информация об авторах

**Аляутдинова Юлия Амировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерные системы и экология». E-mail: [alautd@mail.ru](mailto:alautd@mail.ru). Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, 414056, Астрахань, ул. Татищева, д. 18.

Поступила в июле 2018 г.

© Аляутдинова Ю.А., 2018

<sup>1,\*</sup>*Alyautdinova Yu.A.*

<sup>1</sup>*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering  
Russia, 414056, Astrakhan, st. Tatishcheva, 18*

<sup>\*</sup>*E-mail: a.drack@yandex.ru*

## THE USE OF SOLAR ENERGY TO REDUCE THE BUILDING HEAT LOSS

**Abstract.** *Scientific and technological progress increases the growth and necessity for energy in the national economy. After the 1970s, developed countries have chosen the path of energy conservation. The Russian Federation is still on the way of increasing energy consumption. The housing and communal services are not an exception. About 80 % of the housing and communal services energy resources are utilized to provide heating for buildings. This is explained by a decrease of building energy efficiency due to the expiration date of building structures and non-compliance with regulations during the construction. The experience of developed countries provides the solutions to this problem. One of the energy-saving trends is the use of solar energy. There are two ways to utilize solar energy: the passive method (improvement of building characteristics) and the active method (solar collector). The idea of energy saving in a passive house is based on architectural and planning solutions: the use of Trombe wall, the creation of a glass frame to protect the building from negative effects by an environment, the “greenhouses”. There are several disadvantages when operating in Russia. In the first case, it is low thermal resistance of the enclosing structures (glazing). In the second case, it is the high capital investments in construction. Combination of above-mentioned types allows the use of an air gap. It increases the thermal resistance of enclosing structure by 30 %.*

**Keywords:** *solar energy, Trombe wall, energy conservation technologies, air gap, passive house, thermal resistance of enclosing structures.*

### REFERENCES

1. Ovchinnikov Yu.V. Energy saving in heat power engineering and heat technologies: training. allowance. Novosibirsk: Publishing House of the NSTU, 2015, 258 p.
2. Volkov A.A. Energy saving in construction: from the experience of EU countries. Interactive Science, 2016, no. 7, pp. 33–35.
3. Vinkov A. Innovations in the Construction Cluster: Barriers and Prospects [Electronic resource]. Access mode: [www.rusdr.ru](http://www.rusdr.ru).
4. Shutkin O.I. Problems of using the sun [Electronic resource]. URL [http://www.ng.ru/energy/2011-10-11/9\\_sun\\_energy.html](http://www.ng.ru/energy/2011-10-11/9_sun_energy.html)
5. Fadeev A.V. Practice of world energy saving: technologies and tools. Information bulletin Energy Council, 2010, no. 5, pp. 15–16.
6. Geography of Russia [Electronic resource]. URL <https://geographyofrussia.com>
7. Matchina E. Types of climate in Russia: description, characteristics and features [Electronic resource]. URL <https://www.syl.ru/article/370592/tipyi-klimata-v-rossii->

[opisanie-harakteristiki-i-osobennosti](#).

8. James Ayre. Passive Solar House Design Basics - Orientation, Design Elements, & Materials [Electronic resource]. URL <https://cleantechnica.com/2018/03/31/passive-solar-house-design-basics-orientation-design-elements-materials/>
9. Maksimova L.M. Thermos house, or how not to pay for heating [Electronic resource]. URL <http://www.eprussia.ru/teploenergetika/25/3187731.htm>
10. Konev A.A. The wall of the thrombus in the house - how to use passive solar heat [Electronic resource]. URL <http://gidproekt.com/stena-tromba-v-dome-kak-ispolzovat-passivnoe-solnechnoe-teplo.html>
11. Mikheev M.A., Mikheeva I.M. The fundamentals of heat transfer. Ed. 2-nd stereotype. Moscow: Energiya. 1977, 344 p.
12. Kutateladze S.S. The fundamentals of the theory of heat transfer. Ed. 5th revision. and additional. Moscow: Atomizdat. 1974, 416 p.
13. Energy efficiency and energy saving as factors of business success: problems and solutions

- [Electronic resource] URL <https://www.kp.ru/guide/ienergoberezhenie-i-povyshenie-ienergeticheskoi-ieffektivnosti.html>
14. Pashuta O. Energy efficiency of buildings and structures [Electronic resource]. URL <http://fb.ru/article/369581/energoeffektivnost-zdaniy-i-sooruzheniy>
15. Van Decker, G.W.E., K.G.T. Hollands, and A.P. Brunger. 2001. Heat-exchange relations for unglazed transpired solar collectors with circular holes on a square of triangular pitch. *Solar Energy*. 2001, vol. 71, no. 1, pp. 33–45.
16. Moskalova E.G., Chegodaykina Yu. A., Shukshina M. A. Problems and perspectives of energy saving development in the Russian construction industry. *Young Scientist*. 2015, no. 8, pp. 585–587. URL <https://moluch.ru/archive/88/17125/> (date of circulation: July 18, 2018)..

*Information about the author*

**Alyautdinova, Julia A.** PhD, Assistant professor. E-mail: [alautd@mail.ru](mailto:alautd@mail.ru). Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 414056, Astrakhan, st. Tatishcheva, 18.

---

*Received in July 2018*

**Для цитирования:**

Аляутдинова Ю.А. Использование солнечной энергии для снижения теплотерь здания // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 47–52. DOI: 10.12737/article\_5bf7e355027619.97452373

**For citation:**

Alyautdinova Yu.A. Using solar energy to reduce the heat loss of the building. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2018, no. 11, pp. 47–52. DOI: 10.12737/article\_5bf7e355027619.97452373