

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №6, Том 10 / 2018, No 6, Vol 10 <https://esj.today/issue-6-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/07SAVN618.pdf>

Статья поступила в редакцию 25.09.2018; опубликована 16.11.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Архипова А.Н., Нагрузова Л.П. Повышение теплоэффективности зданий с учетом температурных деформаций // Вестник Евразийской науки, 2018 №6, <https://esj.today/PDF/07SAVN618.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Arkhipova A.N., Nagruzova L.P. (2018). Increase of thermal efficiency of buildings considering temperature deformations. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(10). Available at: <https://esj.today/PDF/07SAVN618.pdf> (in Russian)

УДК 692.23:699.86

**Архипова Анна Николаевна**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
Хакасский технический институт, Абакан, Россия  
Магистрант  
E-mail: aitbu.kubany4bekkyzy@yandex.ru

**Нагрузова Любовь Петровна**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
Хакасский технический институт, Абакан, Россия  
Профессор  
Доктор технических наук, доцент  
E-mail: aitbu.kubany4bekkyzy@yandex.ru

## Повышение теплоэффективности зданий с учетом температурных деформаций

**Аннотация.** Влияние климатических воздействий на температурное состояние ограждающих конструкций мало изучено, поэтому проблема их защиты от переувлажнения остаётся наиболее актуальной. При колебаниях температуры воздуха, радиации, влажности и усадке в стенах могут возникать большие усилия и деформации, которые часто являются причиной различного рода повреждений (трещины, разрывы, сколы и т. д.). Эти повреждения могут быть причиной снижения несущей способности, долговечности и эксплуатационных качеств конструкций зданий. В статье предложены конструктивные решения ограждающих конструкций с учетом температурных деформаций.

Рассматривается ограждающая конструкция из газобетонных блоков жилого дома в Республике Хакасия город Абакан. Анализ расчетных результатов температурных деформаций в программном комплексе SCAD 21.1. Вакуумная керамическая теплоизоляция RE-THERM позволяет снизить деформации за счет эластичности материала.

**Ключевые слова:** теплоэффективность; тепловые потери; ограждающая конструкция; RE-THERM; газобетонный дом; температурные деформации; перемещение

Вопросы, связанные с использованием жидкой теплоизоляции в современных ограждающих конструкциях недостаточно изучены. Актуальным является вопрос влияния керамической вакуумной теплоизоляции RE-THERM<sup>1,2</sup> на теплоэффективность и долговечность ограждающих конструкций при температурных деформациях [1]. Ключевым фактором, определяющим долговечность теплоизоляции, является эластичность фасадной теплоизоляции в процессе эксплуатации под действием усадочных и термомеханических напряжений, возникающих в условиях температурных деформаций [2].

В этой связи, актуальными являются исследования, направленные на повышение тепловой эффективности зданий с применением керамического вакуумного теплоизоляционного материала RE-THERM<sup>1,2</sup> в условиях температурных воздействий, конечной целью которых является снижение.

Наиболее эффективную защиту фасадов от негативного воздействия окружающей среды могут обеспечить только такие системы, которые разработаны с учетом использования в достаточно жестких климатических условиях России [3, 4]. Поэтому главным критерием оценки качества и гарантии надежности любой теплоизоляционной системы фасада – стабильность эксплуатационных и эстетических характеристик системы при любых зонных изменениях температуры и влажности [2, 3].

Серьезные изменения температуры наружных конструкций и ее перепадов по всей толщине способны вызывать соответствующие деформации, которые приводят к снижению долговечности конструкции [4]. Долговечность наружной ограждающей конструкции оценивается по ее сравнительному или фактическому значениям. Сравнительная долговечность ограждающих конструкций в нормальных условиях эксплуатации не должна быть ниже нормативной периодичности капитальных ремонтов [4]. Фактическая долговечность ограждающих конструкций не должна быть ниже требуемой степени ее долговечности, например, для жилых зданий II класса, равной 50 годам [4]. Под долговечностью системы наружного утепления понимается срок службы системы в годах эксплуатации, в течение которого при своевременном текущем ремонте она сохраняет свои теплозащитные и гидрозащитные свойства на уровне, предусмотренном проектом [2, 3, 4]. Важнейшим преимуществом системы фасадной теплоизоляции является доступность для наблюдения и ремонтпригодность.

Температурные деформации – тепловое расширение или сжатие элементов конструкции под воздействием изменения температурных условий при монтаже и эксплуатации объекта [3, 4]. Температурные деформации и перемещения конструкций в швах и стыках под воздействием переменных температур, является одной из причин понижения теплоэффективности [3, 4]. Швы и стыки должны разрабатываться с учетом величины изменения линейных размеров конструкций по формуле 1 [2, 4].

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta t, \quad (1)$$

где:

$\Delta l$  – изменения линейных размеров;

$\alpha$  – линейный коэффициент расширения;

---

<sup>1</sup> Жидкая сверхтонкая керамическая теплоизоляция RE-THERM – ООО «Инновационные технологии»: каталог-2014. – С. 31.

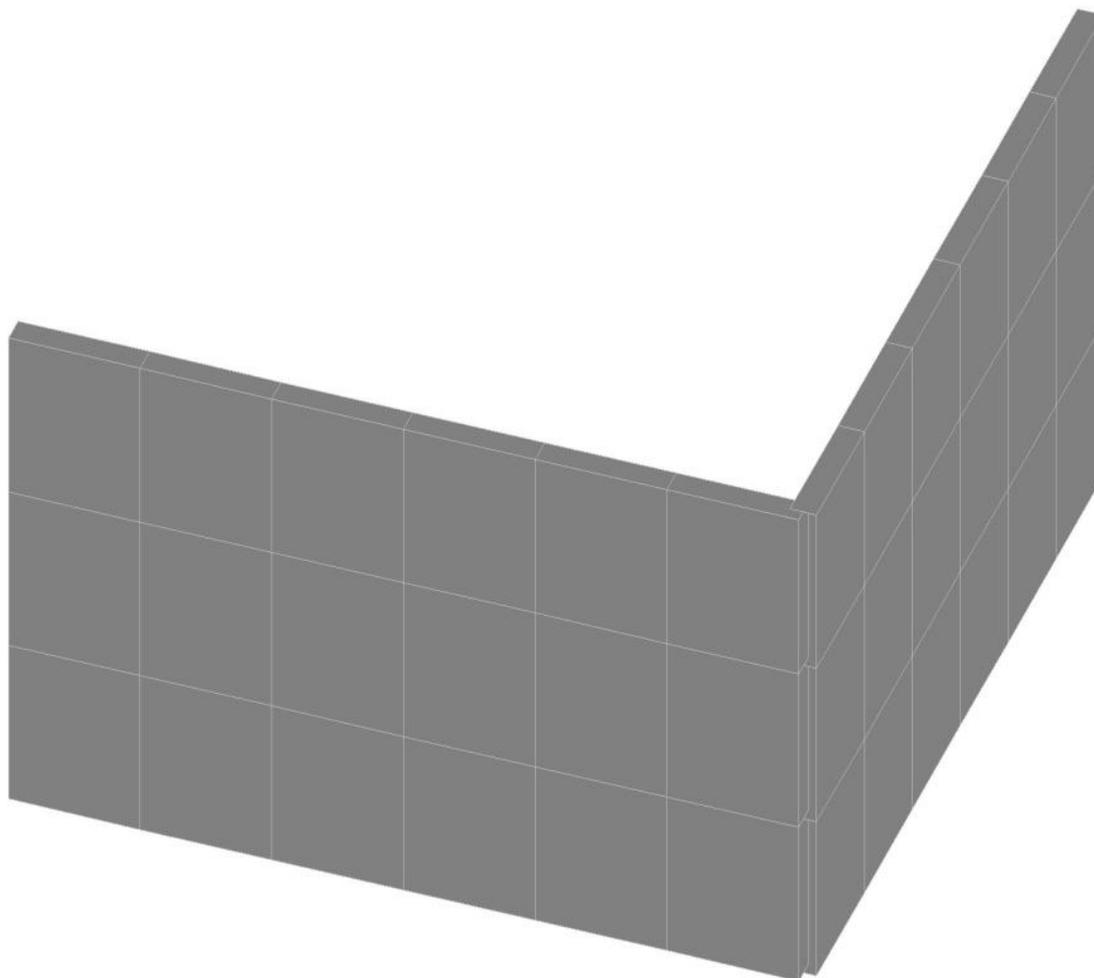
<sup>2</sup> Технология RE-THERM – эффективный способ борьбы с конденсатом [Электронный ресурс]: ООО «Инновационные технологии»: каталог / Казань. физ.-техн. ин-т. – Электрон. журн. – Режим доступа: <http://inn-t.com/articles/item/14-tekhnologiya-re-therm>.

$l_0$  – первоначальная длина;

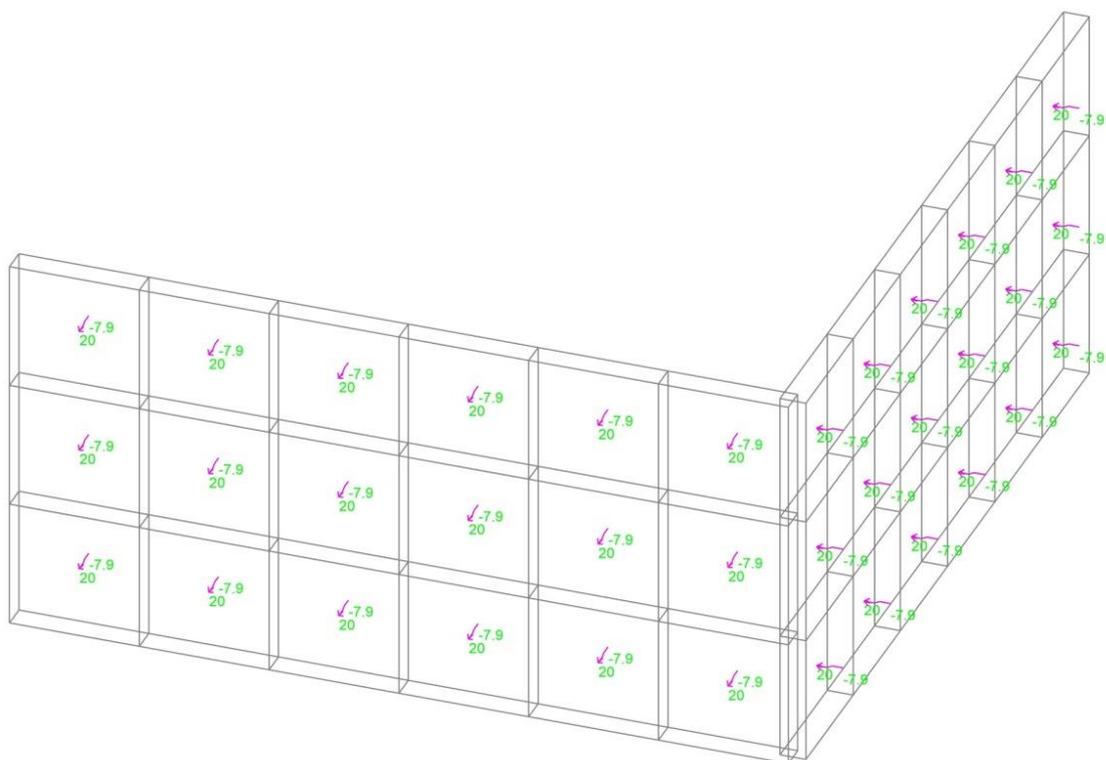
$\Delta t$  – температурные изменения.

Расчет конструкции выполнялся с помощью программного комплекса SCAD 21.1. В данном программном комплексе SCAD 21.1 рассчитывается изменение линейных размеров. Температурные воздействия обусловлены изменениями температуры воздуха. Изменения температуры воздуха имеют знакопеременные периодические и случайные колебания с годовыми и суточными периодами [5]. Для расчета конструкции было произведено моделирование расчетных ситуаций, меняющихся в процессе температурно-климатических воздействий [3, 4].

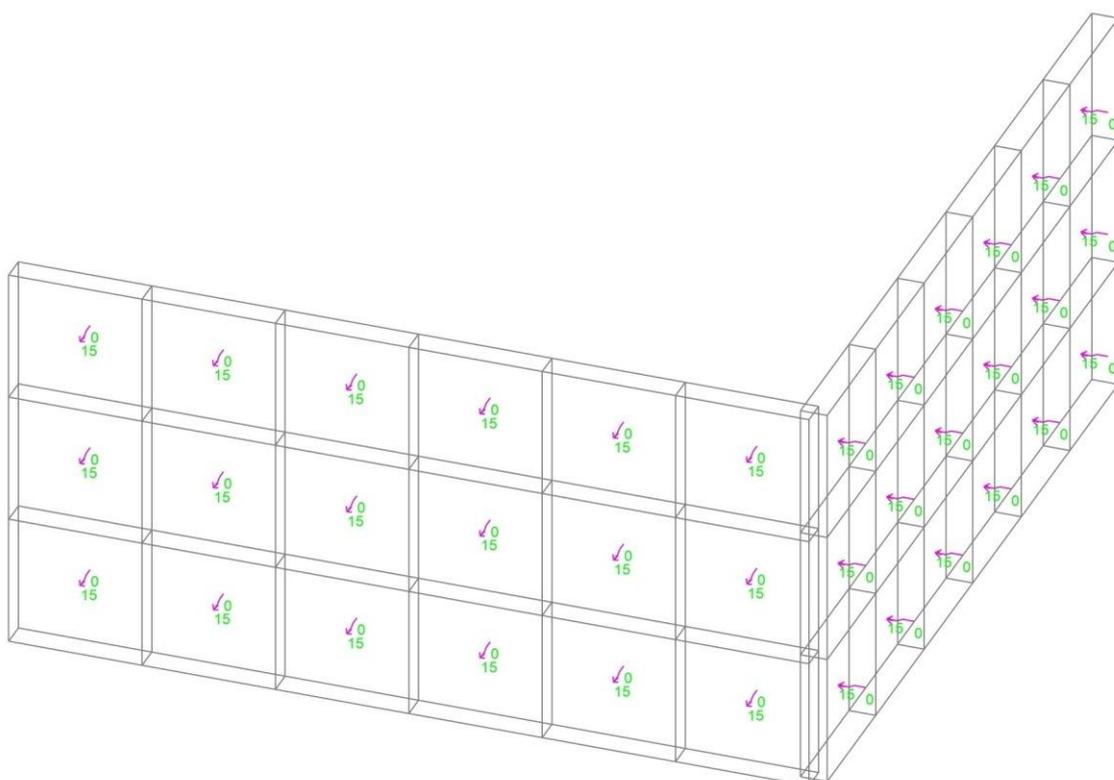
Расчетной схемой является фрагмент стены из газобетонных блоков жилого дома (рисунок 1). Здание построено из газобетонных блоков размером: 600x300x200 мм. Данные приняты на основании сезонного промерзания и оттаивания. В первом случае рассматривается влияния охлаждения конструкции (рисунок 2), второй случай показывает влияние нагревания (рисунок 3).



*Рисунок 1. Расчетная схема фрагмент стены из газобетонных блоков жилого дома (разработано автором)*

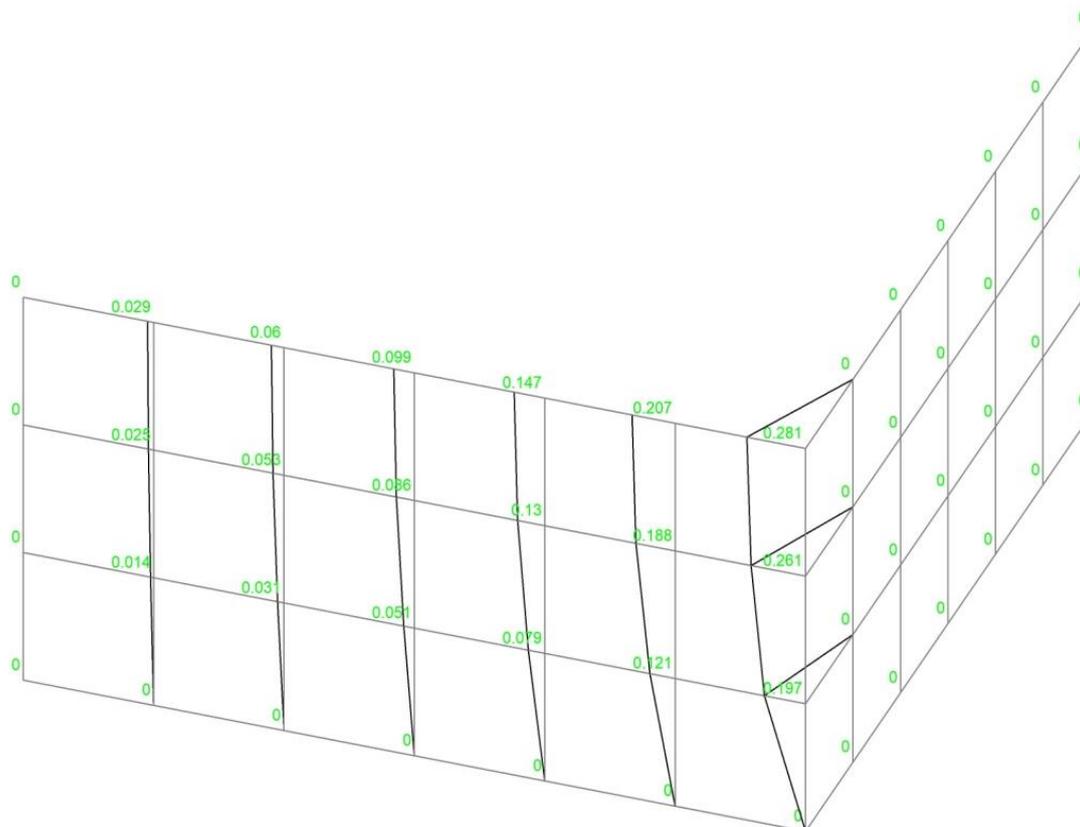


*Рисунок 2. Расчетные температурные нагрузки при охлаждении конструкции (разработано автором)*

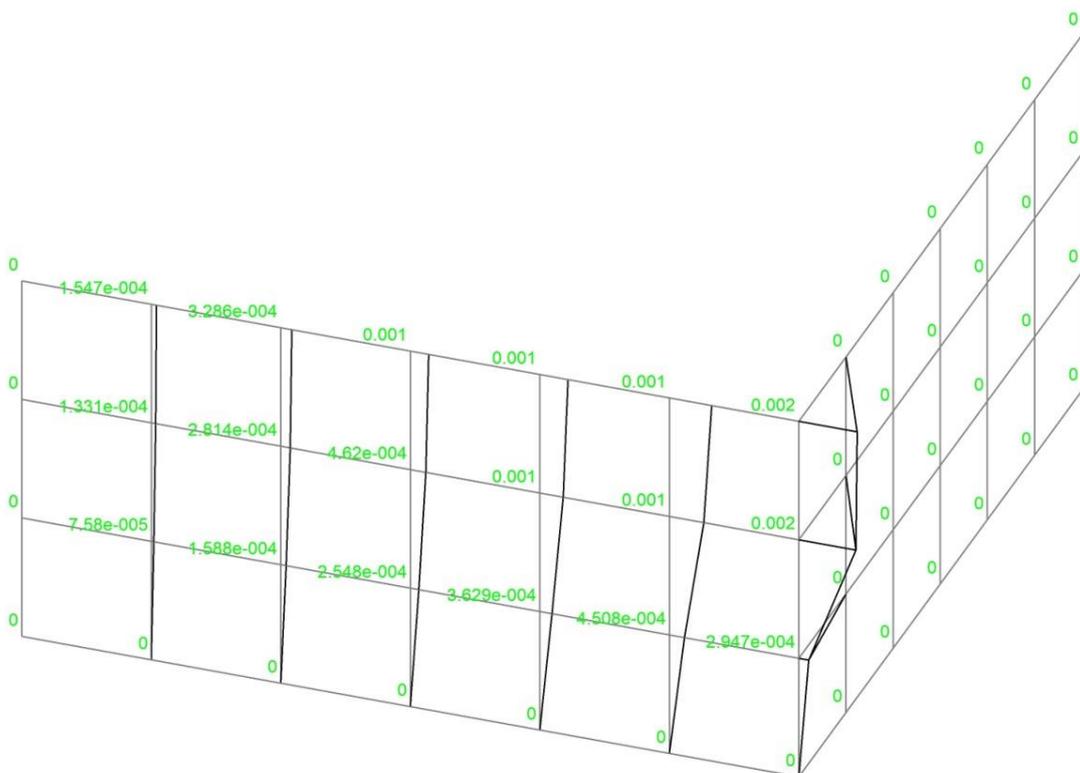


*Рисунок 3. Расчетные температурные нагрузки при нагреве конструкции (разработано автором)*

Для иллюстрации температурного воздействия выбрано отображение суммарное перемещение в исследуемых стенах (рисунок 4, 5).

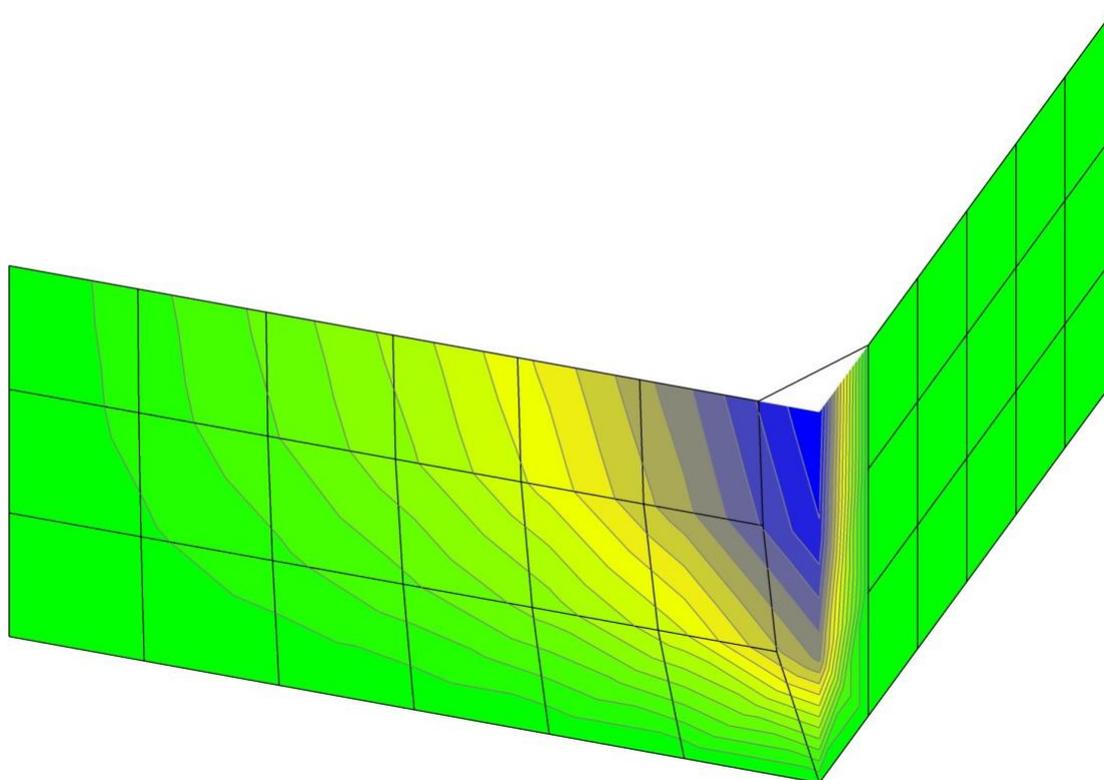


*Рисунок 4. Температурная деформация при охлаждении конструкции (разработано автором)*

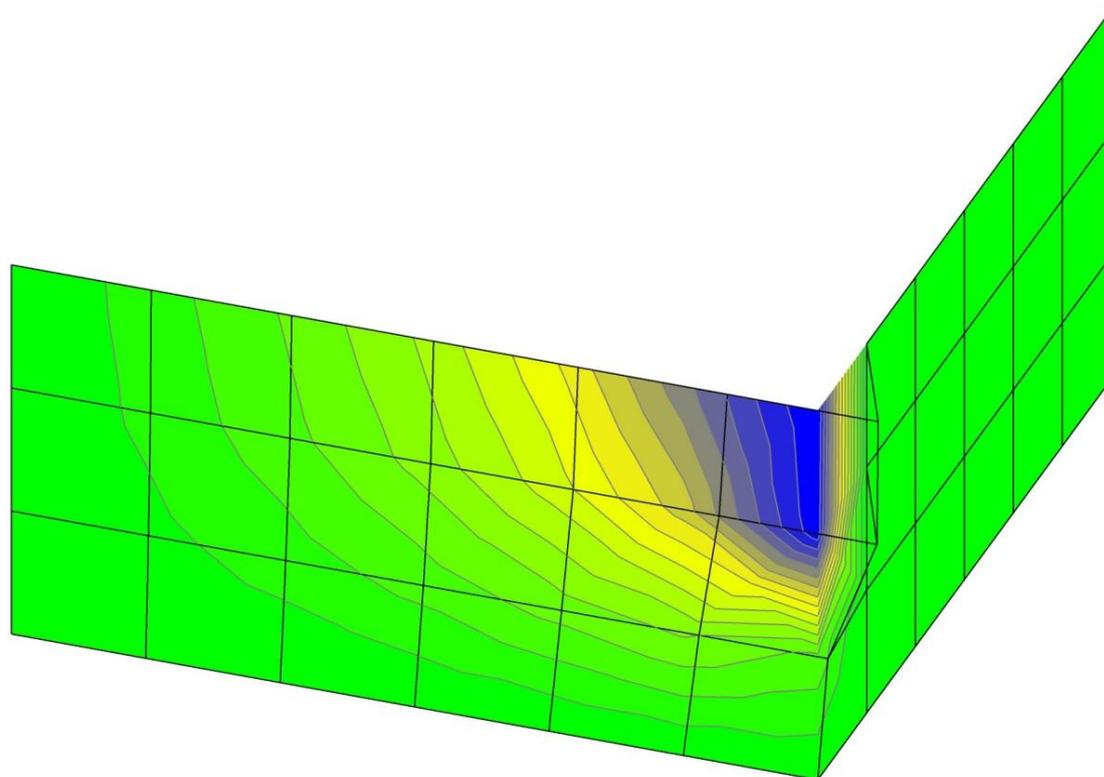


*Рисунок 5. Температурная деформация при нагреве конструкции (разработано автором)*

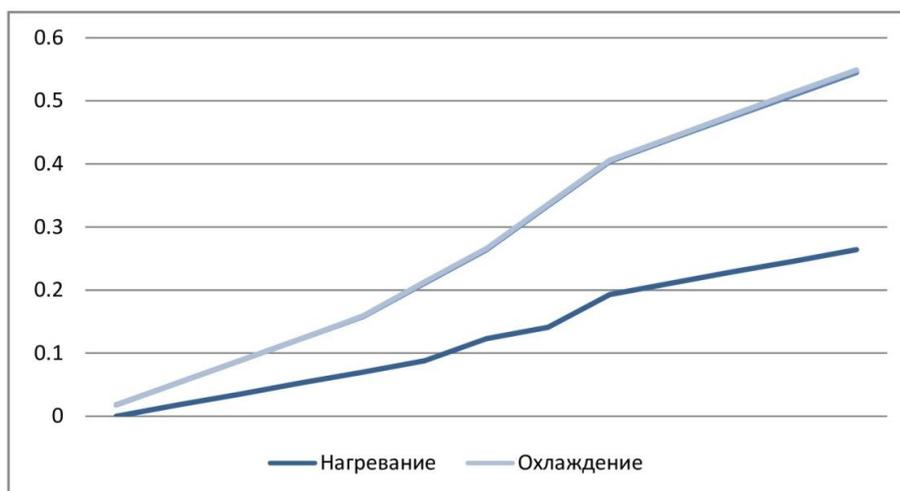
Также были рассмотрены перемещения (рисунок 6, 7), возникающие под воздействием температурных деформаций.



*Рисунок 6. Суммарное перемещение при охлаждении конструкции (разработано автором)*



*Рисунок 7. Суммарное перемещение при нагреве конструкции (разработано автором)*



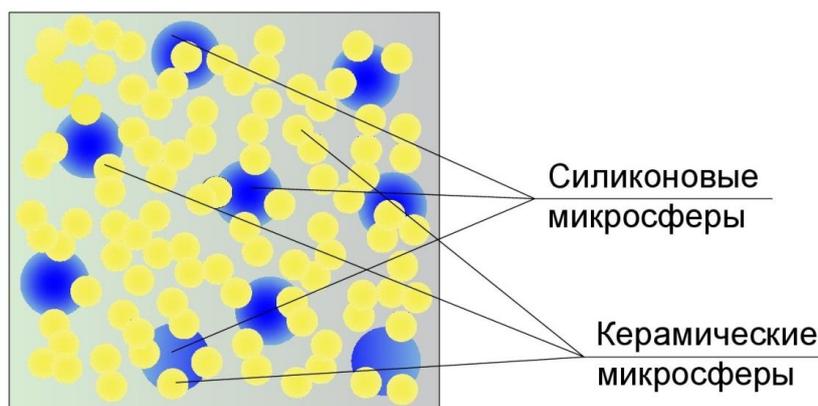
**Рисунок 8.** График суммарного перемещения от температурных деформаций (разработано автором)

Расчет в программном комплексе SCAD 21.1 показал, что под воздействием температурных деформаций происходят незначительные перемещения [2, 4]. Максимальное перемещение достигается при охлаждении конструкции (рисунок 8). Также установлено, что дефекты возведения кладки, влияют на прочностные характеристики вакуумной керамической теплоизоляции RE-THERM.

Сверхтонкая жидкая теплоизоляция RE-THERM является теплоизоляцией последнего поколения [5]. Механизм работы жидких керамических теплоизоляторов принципиально отличается от механизма работы "классических" утеплителей. Благодаря своим уникальным свойствам материалы RE-THERM оказывают ощутимый эффект энергосбережения уже при толщине 1 мм<sup>1,2</sup>.

RE-THERM на 40 % состоит из керамических и 40 % силиконовых микросфер диаметром 10-30 мкм и 50-80 мкм соответственно, а также на 20 % из смеси акрилового связующего и специальных добавок (рисунок 9)<sup>1,2</sup>.

Каждая керамическая микросфера работает как линза, рассеивая потоки инфракрасного излучения во все стороны от себя в свободное воздушнонаполненное пространство, состоящее из синтетических микросфер [1]. Таким образом, часть теплового потока инвертируется от очередного слоя микросфер обратно к источнику излучения. Силиконовые микросферы содержат воздушную смесь, внутри которой за счет замкнутости пространства сферы, сильно замедляется молекулярный теплообмен<sup>1,2</sup>.



**Рисунок 9.** Модель структурного строения RE-THERM

Микросферы, образующие основную часть покрытия, отражают и рассеивают тепло как снаружи, так и изнутри. При этом до 90 % излучения отражается обратно, и поверхность превращается в подобие термоса<sup>1,2</sup>.

Вакуумная керамическая теплоизоляция RE-THERM позволяет снизить деформации за счет эластичности материала. Технические характеристики вакуумной керамической теплоизоляции RE-THERM:

- эластичность плёнки при изгибе 1,2 мм [1];
- стойкость покрытия к воздействию перепада температур от -40°C до +60°C [1];
- прочность при растяжении после нанесения 2,0 МПа, после 10 лет эксплуатации 3,0 МПа [1].

Для анализа трещиностойкости вакуумной керамической теплоизоляции RE-THERM взята методика твердости и трещиностойкости декоративно-керамических покрытий [2, 3, 4].

Трещиностойкость теплоизоляционного материала RE-THERM оценивалась формулой.

$$\sigma < R_{kog}, \quad (2)$$

где:

$\sigma$  – внутренние напряжения, МПа;

$R_{kog}$  – предел прочности при растяжении, МПа;

$\sigma = 1,53$  МПа – внутренние напряжения газобетонной кладки;

$R_{kog} = 2$  МПа – предел прочности при растяжении теплоизоляционного материала RE-THERM<sup>2</sup>.

1,53 МПа < 2 МПа, предел прочности при растяжении в данном примере больше внутреннего напряжения конструкции. Таким образом технические характеристики по трещиностойкости и адгезии вакуумного керамического теплоизоляционного материала RE-THERM соответствует предъявляемым требованиям газобетонной кладки.

Также проводились исследования теплоэффективности вакуумного керамического теплоизоляционного материала RE-THERM [1, 2]. Были проведены натурные испытания и числовые методы исследования. При применении теплоизоляционного материала RE-THERM<sup>1</sup> в конструктивных решениях стеновых конструкций снижение теплопотерь достигает 30 % и более только за счет устранения мостиков холода, что наглядно демонстрирует программа Elcut и тепловизионные измерения [5, 6]. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что предлагаемые конструктивные решения позволяют обеспечить условия комфортного проживания в гражданских зданиях [5, 6]. Рациональный выбор вида теплоизоляционного материала и способа его применения не только снижает теплопотери и повышает тепловой комфорт помещения, но и увеличивает срок службы ограждающей конструкции. Данные исследования войдут в основу рекомендаций для проектировщиков и строителей по использованию вакуумного керамического теплоизоляционного материала RE-THERM<sup>1</sup>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов М.В, Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности сверхтонких жидких композиционных теплоизолирующих покрытий / Анисимов М.В, Рекунов В.С. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. – № 9. – С. 15-20.
2. Гура Т.А., Бирюкова А.О., Овсиенко Е.А. Деформации зданий и сооружений и порядок их выявления // Молодой ученый. – 2016. – №30. – С. 59-62.
3. Перехоженцев А.Г., Влияние климатических воздействий на температурно-влажностное состояние поверхностных слоев многослойных наружных ограждающих конструкций зданий / Перехоженцев А.Г., Груздо И.Ю. // Международный научно-исследовательский журнал, Екатеринбург, 2016. – С. 212.
4. Гура Т.А., Вовк С.Г., Чернова Н.В., Шишкина В.А. Анализ причин и последствий возникновения осадок и смещений зданий // В сборнике: International innovation research сборник статей победителей V Международной научно-практической конференции. Пенза, 2016. С. 176-181.
5. Низина, Т.А. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности жидкой теплоизоляции с учетом количества слоев и толщины покрытий / Т.А. Низина, В.П. Селяев, А.Е. Инин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – №7. – С. 76.
6. Низина, Т.А. Энергоэффективные жидкие теплоизоляционные покрытия на основе полых микросфер и тонкодисперсных минеральных наполнителей / Т.А. Низина, А.Е. Инин // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – №4. – С. 142.

**Arkhipova Anna Nikolaevna**

Siberian federal university  
Khakass technical institute (branch), Abakan, Russia  
E-mail: aitbu.kubany4bekkyzy@yandex.ru

**Nagruzova Lyubov' Petrovna**

Siberian federal university  
Khakass technical institute (branch), Abakan, Russia  
E-mail: aitbu.kubany4bekkyzy@yandex.ru

## **Increase of thermal efficiency of buildings considering temperature deformations**

**Abstract.** The influence of climatic impacts on temperature and humidity conditions of enclosing structures has been little studied, so the problem of their protection from over wetting remains the most urgent. When fluctuating air temperature, radiation, humidity and shrinkage in the walls some great strains and deformations can occur, which are often the cause of various kinds of damage (cracks, breaks, chipped spots, etc.). These damages can be reasons of decrease in bearing capacity, durability and operational qualities of buildings' constructions. The author of the article has suggested constructive solutions of enclosing structures taking into account temperature deformations.

The enclosing structure made of aerated concrete blocks used for a house in the Republic of Khakassia, the city of Abakan is considered. Analysis of the calculated results of temperature deformations is performed with the software complex SCAD 21.1. Vacuum ceramic thermal insulation RE-THERM allows to reduce deformation due to the elasticity of the material.

**Keywords:** thermal efficiency; heat loss; enclosing structure; RE-THERM; aerated concrete building; thermal deformation; displacement

### **REFERENCES**

1. Anisimov M.V., Experimental determination of the thermal conductivity coefficient of ultrathin liquid composite heat-insulating coatings / Anisimov M.V., Rekunov V.S. // proceedings of Tomsk Polytechnic University. Engineering of geo-resources. – 2015. – T. 326. – № 9. – P. 15-20.
2. Gura, T.A., Biryukova A.A., Ovsienko, E.A., Deformation of buildings and structures and their identifying // the Young scientist. – 2016. – №30. – P. 59-62.
3. Perejogina A.G., the Influence of climatic effects on temperature and moisture condition of the surface layers of the multilayer enclosing structures of buildings / Perejogina A.G., Grundo I.Y. //international research journal, Ekaterinburg, 2016. – P. 212.
4. Gura T.A., Vovk S.G., Chernova N.V., Shishkina V.A. Analysis of the causes and consequences of precipitation and displacement of buildings // in the collection: International innovation research collection of articles of the winners of the V International scientific-practical conference. Penza, 2016. P. 176-181.
5. Nizina, T.A. Experimental determination of thermal conductivity coefficient of liquid thermal insulation taking into account the number of layers and coating thickness / T.A. Nizina, V.P. Selyaev, A.E. Inin // Bulletin of BSTU im. V.G. Shukhov. – 2016. – №7. – P. 76.
6. Nisin, T.A. Energy Efficient liquid insulation coatings based on hollow microspheres and fine-graded mineral fillers / T.A. Nizina, A.E. Inin // Regional architecture and construction. – 2015. – №4. – P. 142.