

# СООТВЕТСТВИЕ СТЕН ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА СОВРЕМЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ ПО ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ

**А. С. Горшков**, канд. техн. наук, директор учебно-научного центра «Мониторинг и реабилитация природных систем» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО СПбПУ), главный технический советник проекта ПРООН-ГЭФ «Энергоэффективность зданий на Северо-Западе России»; **Н. И. Ватин**, доктор техн. наук, директор Инженерно-строительного института, заведующий кафедрой «Строительство уникальных зданий и сооружений» ФГАОУ ВО СПбПУ; **С. В. Корниенко**, канд. техн. наук, кафедра «Архитектура зданий и сооружений» ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»; **И. И. Пестряков**, директор Испытательного центра ОНТИ ФГАОУ ВО СПбПУ

**Ключевые слова:** здание, стены, автоклавный газобетон, газобетонные блоки, теплопроводность, термическое сопротивление, энергосбережение, энергетическая эффективность

Оценив влияние на качество изделий из автоклавного газобетона влажности<sup>1</sup>, проанализируем выбор теплопроводности данного материала с учетом действующей нормативной документации и применяемых технических решений и представим рекомендации по применению газобетонных блоков в строительстве зданий на территории России.

**П**равильность определения значений теплопроводности стеновых материалов имеет немаловажное значение, поскольку от теплопроводности основного слоя стены зависят ее теплозащитные функции, потери тепловой энергии, мощность систем отопления, компенсирующих эти потери, и главное, параметры микроклимата в отопительный период эксплуатации зданий.

<sup>1</sup> См. начало статьи в журнале «Энергосбережение» № 2, 2016.



**Таблица** Сравнительные показатели теплопроводности и эксплуатационной влажности изделий из автоклавного газобетона

Теплотехнический показатель	Марка газобетона	Нормативный документ	
		ГОСТ 31359	СП 50.13330
Теплопроводность в сухом состоянии, $\lambda_0$ , Вт/(м•К)	D400	0,096	0,110
	D600	0,140	0,140
Массовое отношение влаги в материале для условий эксплуатации А, $\omega_A$ , %	D400	4	8
	D600	4	8
Расчетное значение теплопроводности для условий эксплуатации А, $\lambda_A$ , Вт/(м•К)	D400	0,113	0,140
	D600	0,117	0,220
Массовое отношение влаги в материале для условий эксплуатации А, $\omega_B$ , %	D400	5	12
	D600	5	12
Расчетное значение теплопроводности для условий эксплуатации Б, $\lambda_B$ , Вт/(м•К)	D400	0,160	0,150
	D600	0,183	0,260

### Какую теплопроводность принимать?

Для изделий из автоклавного газобетона марки по плотности D400 даже в сухом состоянии значения теплопроводности в ГОСТ 31359 и СП 50.13330<sup>2</sup> имеют некоторое численное расхождение (табл. 1). Дело в том, что в ГОСТ 31359 теплопроводность принята в полном соответствии с табличными значениями европейского стандарта EN 1745<sup>3</sup>.

Сам по себе факт подобного копирования данных не является запрещенным. Однако в международных стандартах принята несколько иная трактовка заявленного и расчетного значений теплопроводности:

- заявленное устанавливается заводом-изготовителем;
- расчетное (проектное) определяется в соответствии с требованиями стандарта ISO 10456<sup>4</sup> путем умножения заявленных значений на коэффициенты корреляции по влажности, температуре и старению материала соответствующего слоя ограждающей конструкции.

Для заявленных значений приводятся также справочные данные. В стандарте EN 1745 для них существуют 2 градации: с квантилями<sup>5</sup> распределений  $P = 50$  и  $P = 90$ .

При этом, согласно требованиям стандарта ISO 10456, в качестве заявленных (заводом-изготовителем) значений следует принимать значения с квантилью  $P = 90$ . Значения с квантилью  $P = 90$  больше значений

с квантилью  $P = 50$  [1]. А это, безусловно, будет хуже сказываться на расчетном значении термического сопротивления слоя кладки (чем выше теплопроводность, тем ниже термическое сопротивление).

Но если сравнить значения теплопроводности изделий из автоклавного газобетона согласно ГОСТ 31359 (табл. 1) и значения согласно стандарта EN 1745 при квантили  $P = 50$ , то можно видеть практически полное соответствие.

Единственное расхождение наблюдается для изделий марки по плотности D600. Дело в том, что именно для данной марки изделий в СП 50.13330<sup>6</sup> значение теплопроводности в сухом состоянии оказывается меньше – 0,14 Вт/(м•К), – чем принятое в стандарте EN 1745 – 0,15 Вт/(м•К), даже с квантилью  $P = 50$ . Таким образом, при разработке ГОСТ 31359 были приняты наименьшие из всех возможных значений теплопроводности. К чему это может привести?

### Результаты проведения испытаний

При беспристрастном отношении к проведению испытаний теплопроводность изделий в сухом состоянии может оказаться выше значений, указанных в ГОСТ 31359. При этом большинство производителей стараются для заданной марки изделий, например D400, сделать образцы как можно более плотные, чтобы можно было обеспечить требуемый класс изделий по прочности. Однако при этом ухудшаются теплотехнические характеристики изделий,

<sup>2</sup> СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003». ГОСТ 31359–2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия».

<sup>3</sup> EN 1745:2002 «Masonry and masonry products – Methods for determining design thermal values».

<sup>4</sup> ISO 10456 «Building materials and products – Hygrothermal properties – tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values».

<sup>5</sup> Квантиль в математической статистике – значение, которое заданная случайная величина не превышает с фиксированной вероятностью.

<sup>6</sup> А ранее в СП 23-101–2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

так как чем выше плотность изделий, тем более высокой оказывается их теплопроводность. И она может оказаться выше той, которая указана в ГОСТ 31359.

Именно с такой ситуацией столкнулись авторы, когда один из наиболее известных производителей изделий из автоклавного газобетона представил на испытания образцы. Образцы были доведены до сухого состояния и испытаны. При этом значение теплопроводности в сухом состоянии оказалось выше принятых в ГОСТ 31359 значений. Это означает, что задекларированные в паспорте качества характеристики не соответствуют требованиям ГОСТ 31359, по которому изделия выпускаются.

На этом основании можно сделать один-единственный вывод. Данными значениями теплопроводности, представленными в ГОСТ 31359, пользоваться при проектировании нельзя. Они требуют тщательной проверки и корректировки.

До проведения подобных исследований следует руководствоваться расчетными значениями теплопроводности, представленными в СП 50.13330 (Приложение Т).

Рассмотренное выше ограничение нельзя отнести непосредственно к изделиям, а скорее к стандартам,

по которым производится выпуск стеновых изделий. Однако пренебрегать данным расхождением нельзя.

### Теплотехническая однородность стен

Еще одна проблема, которая имеет место при использовании в кладке стен газобетонных блоков, – теплотехническая однородность стен, также влияющая на теплозащиту.

Все производители заявляют о высокой теплотехнической однородности кладок. Действительно хорошая геометрия блоков позволила выполнять кладку из блоков не на цементно-песчаном растворе (далее – ЦПР), а на специальных клеевых цементных составах, при использовании которых толщина швов оказывается не 7–8 мм (как при использовании ЦПР), а 2–3 мм. Это обстоятельство, безусловно, положительно сказывается на уменьшении потерь теплоты через сквозные и несквозные теплопроводные включения.

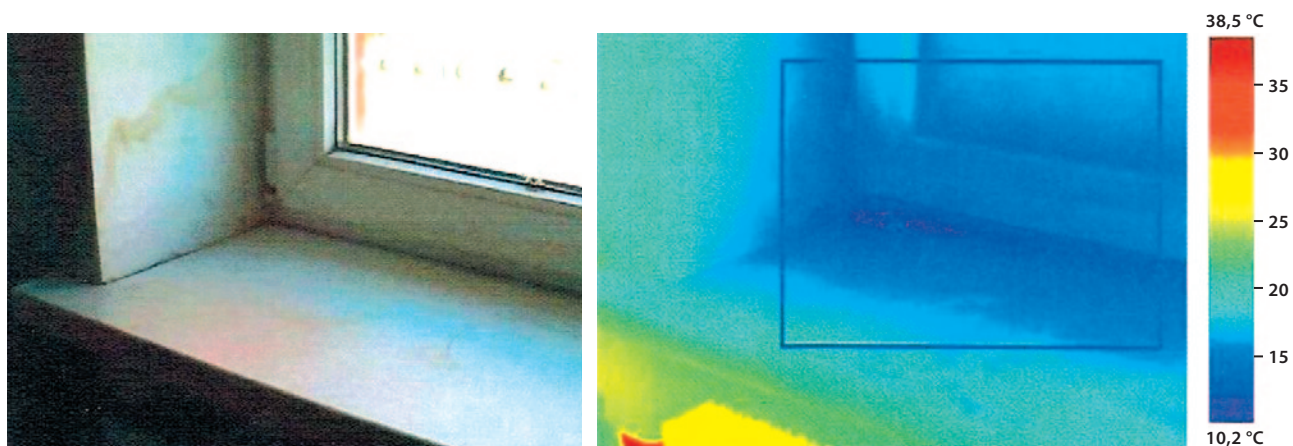
К теплопроводным включениям следует отнести не только швы кладки, но и:

- примыкания поперечных внутренних стен и колонн к наружным стенам;



**Рис. 1.** Теплопроводные включения в оболочке строящегося жилого дома:

- 1 – сопряжение балконной плиты с наружной стеной;
- 2 – сопряжение междуэтажного перекрытия с наружной стеной;
- 3 – оконная перемычка;
- 4 – сопряжение наружной стены с колонном



**Рис. 2.** Теплотехнические дефекты в узлах примыкания оконного блока к стеновому проему

- дверные и оконные перемычки, армированные пояса;
- места примыкания дисков плит перекрытий к наружным несущим стенам;
- места опирания железобетонных плит на наружные несущие стены;
- места сопряжения цоколя со стенами;
- гибкие и жесткие связи;
- анкера для крепления слоя теплоизоляции и т. д.

Наличие теплотехнических неоднородностей в оболочке здания существенно ухудшает температурно-влажностный режим ограждающих конструкций [2–5].

Расчеты, выполненные для одного промежуточного этажа монолитно-каркасного здания, наружные ограждения которого заполнены кладкой из газобетонных блоков толщиной 375 мм и лицевого кирпича толщиной 120 мм, показывают следующее:

- коэффициент теплотехнической однородности оказывается не больше 0,61;
- приведенное сопротивление теплопередаче оказывается меньше не только базового значения (СП 50.13330, табл. 3), но и нормируемого значения (СП 50.13330, формула 1) с понижающим коэффициентом 0,63.

При условном сопротивлении теплопередаче стеновой конструкции, выполненной кладкой из газобетонных блоков марки по плотности D400 толщиной 375 мм с лицевым слоем из облицовочного кирпича толщиной 120 мм, равно  $2,99 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , приведенное сопротивление теплопередаче оказывается равным  $1,81 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  [6]. Это для климатических условий Москвы и Санкт-Петербурга меньше значения сопротивления теплопередаче как требуемого –  $3,08 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , – так и минимально допустимого –  $1,94 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  ( $3,08 \times 0,63$ ). Аналогичные несоответствия выявлены авторами [7].

Предварительные расчеты показывают, что при толщине блоков 375 мм наружные стены жилых зданий без дополнительного утепления с коэффициентом теплотехни-

ческой однородности 0,61 удовлетворяют минимально допустимым значениям сопротивлений теплопередаче только для районов с ГСОП <  $4200 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}/\text{год}$ , для которых базовое значение требуемого приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен жилых зданий составляет  $2,87 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , а нормируемое –  $1,81 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  ( $0,63 \times 2,87$ ).

### Опыт реального строительства

На одном из строящихся<sup>7</sup> объектов жилищного строительства в кладке были использованы стеновые изделия (блоки) из автоклавного газобетона. Когда кладка стен была закончена, приняли решение дополнительно утеплить наружные стены. Не столько для того, чтобы повысить сопротивление теплопередаче наружных стен, сколько для закрытия многочисленных теплопроводных включений (рис. 1).

На некоторых объектах наружные стены из газобетона могут пересекать поперечные железобетонные стены или железобетонные колонны.

Ухудшение теплозащитных свойств стеновых конструкций в виде кладки газобетонных блоков выявлено и в эксплуатируемых зданиях [3]. В обследованных зданиях все наружные стены выполнены с наружной облицовкой кирпичной кладкой, без дополнительного слоя эффективной теплоизоляции. Анализ результатов показал следующее:

- 62% обследованных конструкций имеют дефекты, что указывает на их массовость;
- все дефекты являются трудноустраняемыми и требуют демонтажа строительных конструкций;
- большинство дефектов (90%) отмечается в узлах примыкания оконных блоков к стеновым проемам (рис. 2), что объясняется несоответствием оконных блоков нормативным требованиям по теплозащите, неправильной установкой оконных блоков, ненадлежащим качеством теплоизоляции монтажных швов;

<sup>7</sup> В рамках проекта ПРООН-ГЭФ «Энергоэффективность на Северо-Западе России».

- дефекты в узлах сопряжения наружной стены с колонной (10%) объясняются наличием теплопроводных включений в виде железобетонных колонн каркаса здания вследствие отклонений от проекта;

- практически половина обследованных конструкций (51%) подвержена конденсации влаги и образованию плесневых грибов при расчетных условиях;

- 11% обследованных конструкций имеют сквозное промерзание в узлах.

При хорошей геометрии блоков изделия оказываются достаточно хрупкими. Это означает, что при транспортировке, а также в процессе разгрузки, переноски и монтажа многие изделия повреждаются. Понятно, что все они идут в кладку, а трещины и выбоины заделываются кладочным раствором. Иногда кладка настолько пестрит растворными швами, что говорить о какой-либо ее однородности весьма затруднительно (рис. 3).

Конечно, при наружной отделке стен все эти дефекты кладки не будут видны, но теплопроводные включения (мостики холода) при этом никуда не исчезнут. Для повышения теплотехнической однородности и общего уровня теплозащиты наружных стен из газобетонных блоков необходимо устройство сплошного наружного слоя теплоизоляции.

Сплошной наружный слой теплоизоляции, помимо прочего, увеличит долговечность внутреннего слоя стены, так как при внешнем утеплении блоки окажутся в области положительных температур. В результате в процессе эксплуатации они не будут испытывать циклы замораживания – оттаивания.

Таким образом, для большинства регионов, расположенных в центральной и северной частях России, толщины блоков 375–400 мм без дополнительного утепления оказывается недостаточно для обеспечения требуемых значений приведенного сопротивления теплопередаче.

## Специфика проектирования тепловой защиты зданий

Необходимо сказать и о специфике проектирования тепловой защиты зданий с наружными стенами из газобетонных блоков. Сегодня существуют важные задачи, решение которых крайне необходимо.

**Во-первых**, как уже было сказано, это увеличение неравноэффективности теплозащиты элементов оболочки.

Значительно возрастает влияние двух- и трехмерных элементов в конструкции, неравномерность распределения температуры на ее внутренней поверхности, снижается теплотехническая однородность ограждающих конструкций. Необходимы расчеты трехмерных температурных полей и разработка новых конструктивных решений [4].

**Во-вторых**, значительно увеличивается роль влажностного режима. Причем если по глади стены распределение влажности может быть более благоприятным, чем раньше, то в краевых зонах ограждающих конструкций влажностный режим значительно ухудшается, и главное в том, что существенно возрастает сложность расчета процессов совместного нестационарного влаготеплопереноса в трехмерных областях ограждающих конструкций [5].

**В-третьих**, кладка газобетонных блоков является воздухопроницаемой, особенно в зоне вертикальных швов. Инfiltrация наружного воздуха приводит к ухудшению теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Экcфильтрация внутреннего воздуха в стеновые конструкции также чрезвычайно опасна.

Все перечисленные выше особенности важно учитывать как во вновь строящихся, так и в реконструируемых зданиях с наружными стенами из газобетонных блоков. Необходимы улучшение температурно-влажностного режима наружных стен, разработка эффективных конструктивных решений узлов сопряжений ограждающих конструкций с целью выравнивания температуры на внутренней поверхности, снижение сквозной воздухопроницаемости через швы кладки, повышение комфортных условий среды в помещениях, энергосбережение и повышение энергоэффективности зданий.

## Надежность крепления гибких связей

Сравнивая газобетонные блоки с керамическими и силикатными стеновыми изделиями, отметим, что в части обеспечения надежности анкерных креплений и гибких связей<sup>8</sup> газобетон значительно им уступает.

Отдельно следует отметить, что гибкие связи и анкеры для крепления слоя теплоизоляции являются теплопроводными включениями, поэтому в местах расположения связей возрастает вероятность конденсации влаги. Чем выше влажность, тем ниже оказываются прочностные показатели изделий и кладки. Надежность креплений уменьшается, а вероятность их вырыва возрастает.

<sup>8</sup> Подробнее о надежности крепления гибких связей в полной версии статьи на [www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6387](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6387).

## Экономическая оценка технических решений

Низкая стоимость изделий из автоклавного газобетона (3 100–4 500 руб./м<sup>3</sup> применительно к северо-западным и центральным районам страны) является существенным их преимуществом по сравнению с иными стеновыми каменными материалами и изделиями. Можно уверенно утверждать, что именно экономический фактор оказался определяющим для столь впечатляющего распространения данного типа изделий в практике строительства жилых и общественных объектов на территории Российской Федерации.

Однако при сравнительной экономической оценке того или иного технического решения обычно принимается стоимость квадратного метра стенового ограждения. Такой подход далеко не всегда оказывается справедливым.

Для пояснения данного предположения рассмотрим заполнение наружных стен железобетонных монолитно-каркасных зданий газобетонными блоками толщиной 375 мм. Пусть площадь фасадов проектируемого жилого многоквартирного здания составляет 10 000 м<sup>2</sup>. Это означает, что при высоте этажа 3 м (от уровня пола до уровня пола вышерасположенного этажа) периметр наружных стен составит примерно 3 333 м:  $10\,000 / 0,3$ .

Тогда при толщине блоков 375 мм под ними окажется площадь 1 250 м<sup>2</sup>:  $3\,333 \times 0,375$ .

При стоимости квадратного метра жилья 80 тыс. руб./м<sup>2</sup> это будет означать потерю под блоками 100 млн руб.:  $1\,250 \text{ м}^2 \times 80\,000 \text{ руб./м}^2$ .

И далее оказывается, что при заполнении наружных ограждений монолитно-каркасных зданий выгоднее применить каменные изделия толщиной 250 мм, и даже несмотря на последующее утепление стен, получить количественный выигрыш в полезной площади. Этот количественный выигрыш окажется еще более значительным, если правильно посчитать транспортные расходы и погрузочно-разгрузочные затраты непосредственно на объекте.

В этой связи оказывается, что на себестоимости строительства в большей степени сказывается не низкая стоимость применяемых изделий, а неумение правильно спланировать работы и рассчитать баланс расходов на строительство и доходов с продаж.

### Ограничения при использовании автоклавного газобетона

Газобетон как материал, применяемый для кладки наружных и внутренних стен зданий, имеет неоспоримые достоинства. Однако материал обладает рядом ограничений в применении, которые следует учитывать при проектировании и строительстве стеновых конструкций



**Рис. 3.** Выбоина в месте установки гибкой связи в слое кладки из газобетонных блоков двухслойной стеновой конструкции

с использованием изделий из автоклавного газобетона (блоков). К таковым следует отнести:

- наличие критической влажности, при достижении которой и последующем замораживании кладки может происходить ее постепенное повреждение вплоть до полного разрушения;
- высокая начальная влажность изделий, из-за которой в зданиях, построенных из газобетонных блоков, в первые годы эксплуатации может наблюдаться значительный перерасход теплоты;
- низкая теплотехническая однородность стеновых конструкций, обусловленная наличием большого количества теплопроводных включений в составе наружных стен, выполненных кладкой из газобетонных блоков без дополнительного утепления;
- изделия достаточно хрупкие, поэтому при падении, а также при транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах могут раскалываться на части, на изделиях могут появляться трещины, выбоины и сколы, которые при монтаже, как правило, замазываются строительным раствором, что в еще большей степени понижает теплотехническую однородность стен;
- ввиду низкой теплотехнической однородности стен в виде кладки из газобетонных блоков для климатических районов с ГСОП  $\geq 4\,200 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{сут./год}$  толщина блоков 375–400 мм без дополнительного утепления оказывается недостаточной для обеспечения требуемых значений приведенного сопротивления теплопередаче;
- кладка стен из газобетонных блоков, особенно при эксплуатации зданий без наружной отделки, а также при

не заполненных раствором вертикальных пазогребневых швах характеризуется высокой воздухопроницаемостью, что повышает расход тепловой энергии при эксплуатации в отопительные периоды;

■ при учете стоимости полезной площади, которая образуется при заполнении блоками на толщину 375–400 мм наружных ограждений каркасно-монолитных зданий, относительно низкая стоимость изделий далеко не всегда оказывается экономически обоснованной в многоэтажном строительстве.

Распространенные стереотипы о том, что газобетон «боится» воды, или о том, что он «сосет» влагу из воздуха, следует охарактеризовать не более чем мифы. Однако при кладке наружных стен из блоков следует избегать условий, при которых существует риск полного или частичного увлажнения стеновых конструкций, особенно опасного при достижении газобетоном критического значения влажности, при котором происходит заполнение водой не только капилляров, но и резервных пор.

### Рекомендации по применению

Не рекомендуется использование изделий из автоклавного газобетона в помещениях с влажным (с влажностью внутреннего воздуха свыше 60 до 75 %) и мокрым (с влажностью внутреннего воздуха свыше 75 %) режимами эксплуатации.

Не рекомендуется использование газобетонных блоков без дополнительного утепления в климатических районах с ГСОП  $\geq 4200$  °С•сут./год.

При соответствующем теплотехническом и прочностном обосновании допускается применение изделий толщиной 300–400 мм без дополнительного утепления для районов с ГСОП  $< 4200$  °С•сут./год. Коэффициент теплотехнической однородности наружных стен, выполненных кладкой из газобетонных блоков на цементных составах без дополнительного утепления, без соответствующего теплотехнического обоснования следует принимать не выше 0,65.

Не рекомендуется при определении расчетных теплотехнических показателей ячеистых бетонов автоклавного твердения использовать данные из ГОСТ 31359 (табл. 1 и А.1) как недостаточно обоснованные.

Основную область применения газобетонных блоков рекомендуется сосредоточить в сегменте малоэтажного (коттеджного) строительства. При этом при возведении индивидуальных жилых домов с сезонным (летним) режимом проживания

допускается возведение наружных стен из газобетонных блоков толщиной от 300 мм без дополнительного утепления. При строительстве индивидуальных малоэтажных жилых домов, предназначенных для круглогодичного проживания (в том числе в отопительные периоды), рекомендуется дополнительное утепление стен с использованием эффективных теплоизоляционных материалов (например, теплоизоляционных изделий из стеклянного или каменного волокна, пенополистирола фасадных марок и пр.). Толщину кладки из газобетонных блоков при этом следует назначать только из обеспечения требований по прочности и устойчивости.

### Литература

1. Немова Д. В., Спиридонова Т. И., Куражова В. Г. Неизвестные свойства известного материала // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 1.
2. Корниенко С. В. Проблемы теплозащиты наружных стен современных зданий // Интернет-вестник ВолГАСУ. 2013. № 1 (25).
3. Корниенко С. В. Комплексная оценка энергоэффективности и тепловой защиты зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11 (26).
4. Корниенко С. В. Многофакторная оценка теплового режима в элементах оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 8 (52).
5. Корниенко С. В. Метод решения трехмерной задачи совместного нестационарного тепло- и влагопереноса для ограждающих конструкций зданий // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2006. № 2.
6. Горшков А. С., Рымкевич П. П., Ватин Н. И. О теплотехнической однородности двухслойной стеновой конструкции // Энергосбережение. 2014. № 7.
7. Гагарин В. Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. ■



**ЗАО «НПО «ТЕПЛОВИЗОР»**

Разработка, производство и обслуживание расходомеров, счётчиков и теплосчётчиков **ВИС.Т**

109428, г. Москва, Рязанский проспект, 8а  
Тел./факс: (495) 730-47-44, (495) 231-45-84

E-mail: mail@teplovizor.ru  
www.teplovizor.ru

Реклама