

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

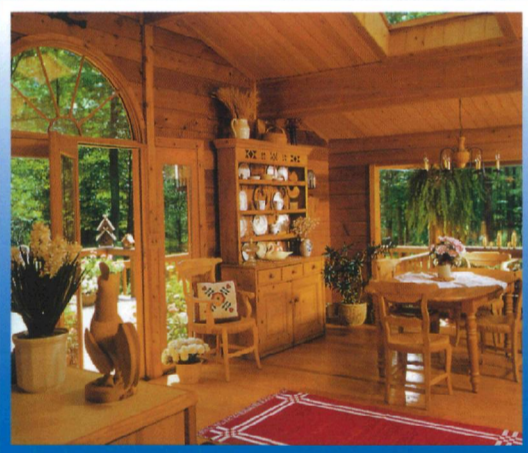
# XXI ВЕКА



CONSTRUCTION MATERIALS, EQUIPMENT, TECHNOLOGIES OF THE XXI CENTURY

4 (87), 2006

*Элит-М*



Строительство деревянных домов:  
вековые традиции и современные технологии

[www.elitem.ru](http://www.elitem.ru)

## Проблема выбора способа утепления фасадов зданий (энергосбережение не гарантирует сбережения ресурсов)

Л.Д. ЕВСЕЕВ, чл. экспертного совета при Администрации Президента РФ, доктор техн. наук;  
В.И. СУЧКОВ, ген. директор Технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО»;  
В.В. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доцент, лауреат Премии Совета министров СССР в области науки и техники

### Часть 1

На основе обобщения и анализа многочисленных результатов обследования эффективности энергосберегающих конструкций зданий и сооружений рассматриваются достоинства и недостатки принимаемых мер и формулируются предложения по их совершенствованию.

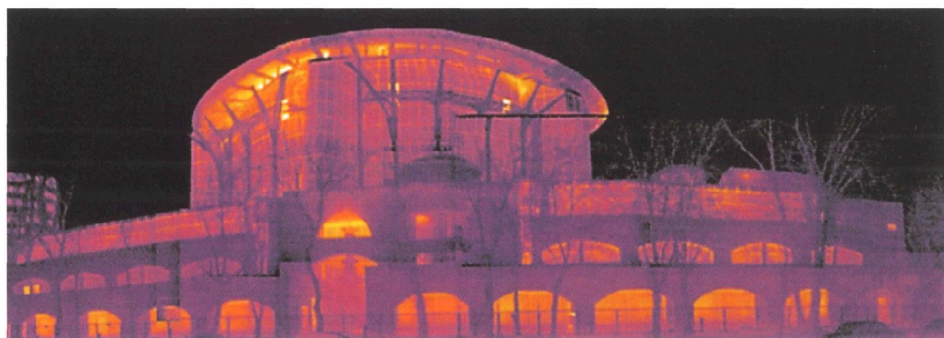
Морозная зима 2005–2006 гг. показала: потребитель уже не желает мириться с низкой комфортностью условий проживания, которая нередка даже во вновь построенном жилье. Промерзание стен, конденсат в оконных проемах, грибок, разгерметизация стыков, разрушение и коррозия элементов конструкций – это лишь неполный перечень проблем, осложняющих нашу жизнь, а порой представляющих ей угрозу. В основе их лежат принятые проектировщиками решения по тепловой защите здания и качество реализации этих решений строителями и эксплуатирующими организациями.

Помимо требований комфортности, необходимость контроля теплозащиты зданий вызвана устойчивым ростом цен на энергоносители и ужесточением нормативов тепловых потерь через ограждающие конструкции. И так, **в нынешних условиях качество тепловой защиты превратилось в весомое потребительское свойство здания и услуг по его эксплуатации.**

В 2003 г. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» установил нормативное приведенное сопротивление теплопередаче в размере  $3,16 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  (для Московского региона).

Однако, чтобы «вписаться» в заданные нормативы, необходимо использовать новые эффективные теплоизоляционные материалы и конструкции. В противном случае, как толщина наружных ограждающих конструкций, так и их стоимость были бы непомерно высокими. Например, при сохранении однослойной конструкции стен из полнотелого кирпича их толщина должна составить около двух метров.

Поэтому **выполнение повышенных требований по теплозащите зданий неизбежно ориентирует на новые подходы к строительству, на применение более сложных конструктивных решений и тех-**



Термограмма Московского международного дома музыки

нологий и, как следствие этого усложнения, на усиление контроля за качеством строительной продукции, т.к. при нарушениях технологий строительства резко снижается эффективность теплозащиты.

Причем, если при проектировании покрытий, чердачных и цокольных перекрытий осложнений не возникает, то проектирование наружных стен требует поиска качественно новых технических решений.

Эти проблемы начинаются уже при внедрении **энергоэффективных окон**. Новые конструкции окон, особенно из ПВХ, как правило, имеют толщину оконных коробок 70–90 мм, что в 2,5–3 раза тоньше ранее применяемых. Это открывает на оконных откосах стен зоны с низкими температурами и вызывает образование на них обильного конденсата и его перехода в виде пара в воздух помещения. В первую очередь это заметно в зданиях с увеличенной толщиной стен. Увеличение влажности воздуха в помещении вынуждает к частому открыванию форточек, и это на 50–70% снижает заложенный эффект повышения теплозащитных качеств окон.

Кроме того, при определенных погодных условиях даже постоянное открывание окон не приводит к снижению относительной влажности воздуха в помещениях до нормативного значения. Таким образом, внедрение энергоэффективных окон без конструктивного решения всего оконного проема с учетом конвекции и организации воздухообмена зачастую приводит к обратному эффекту, т.е. к снижению теплозащитных качеств окон в условиях эксплуатации и ухудшению условий для проживания. **При натурных обследо-**

ваниях зданий установлено, что благоприятный микроклимат в помещениях наблюдается там, где строители отступили от новых нормативных требований в сторону большей воздухопроницаемости окон и стен.

*Наружные стены* за счет преобладания площади их поверхности над площадью любого другого элемента наружных ограждающих конструкций имеют наибольший в абсолютном выражении потенциал энергосбережения. **На зданиях, построенных в советское время до 80-х годов, при минимальном повышении энергоэффективности здания (с  $0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  до  $1,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) доля экономии за счет утепления стен составляет более 70% всей возможной экономии тепла.**

С теплотехнической точки зрения условно различают три основных вида стен по числу основных слоев: однослойные, двухслойные и трехслойные (последние применяются в основном при новом строительстве, поэтому в данной статье как способ утепления не рассматриваются).

*Однослойные стены* наиболее просты в исполнении, а при обеспечении необходимых теплозащитных свойств – и в эксплуатации. Поэтому этот тип конструкции, выполненный из конструкционно-теплоизоляционных материалов и изделий, совмещающих несущие и теплозащитные функции, может быть с успехом применен при проведении модернизации и реконструкции зданий.

С точки зрения современных требований к теплозащите наиболее приемлемы легкие бетоны, изготавливаемые по различным тех-

нологиям. При плотности легких бетонов не более  $500 \text{ кг/м}^3$  и расчетном значении коэффициента теплопроводности не более  $0,15 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$  возможно их использование в качестве теплоизоляционного материала. Стены из легких бетонов в зависимости от плотности и прочности могут проектироваться самонесущими, с обязательной защитой от внешних атмосферных воздействий (облицовка, штукатурный, гидроизолирующий слой и т.п.). **Натурные обследования зданий с ячеистобетонными стенами показали, что несоблюдение требований их защиты от внешних атмосферных осадков приводит к снижению фактического сопротивления теплопередаче почти в 2 раза.**

Двухслойные стены содержат несущий и теплоизоляционный слои. Это наиболее распространенный и «естественный» тип конструкции при утеплении существующих зданий. Но, кроме того, он получил широкое применение и в новом современном строительстве, обеспечивая высокую энергоэффективность без существенного увеличения толщины наружных стен.

Надо учитывать, что переход в строительстве от однослойных стен к многослойным с высоким термосопротивлением приводит к увеличению температурных напряжений в узлах соединений различных наружных слоев стен.

Как правило, в качестве теплоизоляционного материала используется какой-либо утеплитель, защищенный от внешних разрушающих воздействий. Основным видом применяемых утеплителей являются минераловатные изделия (более 65%), на стекловатные материалы приходится 8%, еще 20% — на пенопласты, доля теплоизоляционных бетонов не превышает 3%.

Существуют также теплоизоляционные штукатурные и окрашивающие покрытия с пенополистирольным («Родипор») или вакуумно-керамическим («Термо-Шилд») наполнителем.

В последнее время в целях утепления зданий стали применять материалы, отражающие тепловое излучение, самым распространенным из которых является *алюминиевая фольга*. Однако расчеты показывают, что реальный эффект от использования теплоотражающих свойств этих материалов в конструкции стен весьма незначителен (увеличение сопротивления теплопередаче на  $0,2\text{--}0,3 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$ ). Поэтому чаще всего их предлагают на рынке в составе утеплителей (например, фольга с пенополиэтиленом). Наиболее целесообразно использование этих материалов на тех участках наружных строительных конструкций, где имеется наибольшая разница температур внутри и снаружи здания, в

частности для утепления чердачных помещений и кровли, зон за радиаторами отопительных систем и др.

Необходимо помнить, что в коэффициентах теплопроводности материалов в сухом состоянии и этих же материалов в ограждающей конструкции имеется существенное различие. Например, *пенополистирольные плиты* плотностью  $40 \text{ кг/м}^3$  имеют коэффициент теплопроводности в сухом состоянии  $0,038 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$ , а в ограждающей конструкции здания, расположенного в центральной полосе России, с учетом увлажнения стены при эксплуатации, тот же коэффициент имеет значение  $0,05 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$ . Однако при проектировании слоя тепловой изоляции часто по ошибке закладываются те данные о свойствах теплоизоляционных материалов, которые выбраны по рекламе или по результатам лабораторных испытаний материала в сухом состоянии. В этом случае при использовании того же пенополистирола реальный эффект будет ниже на 30%.

В двухслойных стенах теплоизоляционный слой может располагаться либо снаружи, либо изнутри.

**Внутренняя теплоизоляция** открывает основной несущий слой конструкции стены воздействию циклического промерзания-оттаивания, что ведет к ускоренной потере его прочностных свойств, что должно быть учтено при расчете долговечности здания. При внутреннем способе утепления существует проблема ярко выраженной тепловой неоднородности наружной ограждающей конструкции с мостами холода в местах стыков внешней стены с перекрытиями и внутренними стенами. По ним холод поступает в помещение, создавая локальные некомфортные условия. К недостаткам этого способа можно также отнести сокращение внутренней площади помещений.

Наконец главная проблема внутреннего способа утепления состоит в необходимости обеспечения надежной защиты теплоизоляционного слоя от увлажнения и накопления влаги в толще утеплителя, что требует специального теплотехнического расчета и тщательного изготовления.

Вследствие разницы давлений водяного пара снаружи и внутри здания через ограждающую конструкцию всегда происходит диффузия водяного пара в наружную сторону. При проектировании ограждающих конструкций из нескольких слоев задача состоит в ослаблении диффузии водяного пара во внутренние слои стены и отвода влаги, проникшей внутрь ограждения. С этой целью проектируют пароизоляционные слои, которые следует располагать как можно ближе к внутренней поверхности несущего слоя стены. **Применять теплоизоляцию с внутрен-**

**ней стороны допустимо только при условии надежного пароизоляционного слоя со стороны помещения, что на практике трудновыполнимо.**

Однако у внутренней теплозащиты есть весомые технологические преимущества. При применении *напыляемых утеплителей из пенополиуретана* с помощью одной операции решаются сразу четыре задачи:

1) обеспечение высокой прочности сцепления с несущим слоем (кирпичом, бетоном, деревом, металлом и т.д.) на уровне  $2\text{--}3 \text{ кг/см}^2$ ;

2) достижение с высокой точностью расчетных нормируемых характеристик теплоизоляционного слоя;

3) образование пароизоляционного слоя, в случае необходимости регулируемого;

4) незначительная толщина слоя изоляции по сравнению с другими теплоизоляционными материалами.

Применение *плитных и рулонных теплоизоляционных материалов* не дает возможности решить эти задачи одновременно. Кроме того, как показали обследования, внутреннее утепление фасадов этими материалами приводит к массовому появлению плесени в новостройках из-за наличия достаточной воздушной прослойки между плитным (рулонным) утеплителем и несущей конструкцией.

Итак, в случае с напыляемым утеплением изнутри обеспечивается главное требование — сопротивление пароизоляции соответствует п. 5.3 СП 23-101-2000 «**Проектирование тепловой защиты зданий**». При этом величина затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в такой конструкции увеличивается, так как более теплоустойчивый материал расположен изнутри (п. 9.1. СП 23-101-2000).

При применении внутренней напыляемой теплоизоляции создается сплошной и надежный пароизоляционный слой, что гарантирует отсутствие накопления влаги в теплоизоляционном слое (п. 5.10 СП 23-101-2000).

К общим достоинствам внутренней теплоизоляции относится практическая невозможность допущения технологического брака. В основном здесь нужен только контроль толщины покрытия, что легко достигается в построечных условиях. Зависимость от человеческого фактора минимальна. Внутреннее утепление можно выполнять в любое время года, в то время как работы по наружной теплоизоляции могут производиться лишь 7–8 месяцев в году. Наконец, **производство внутренней теплоизоляции значительно дешевле наружной** по стоимости материалов, трудоемкости, установке дорогостоящих строительных лесов.

## ПРОБЛЕМА ВЫБОРА СПОСОБА УТЕПЛЕНИЯ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ (ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НЕ ГАРАНТИРУЕТ СБЕРЕЖЕНИЯ РЕСУРСОВ)

ЕВСЕЕВ Л.Д., член Экспертного совета при администрации Президента РФ, доктор техн. наук;

СУЧКОВ В.И., ген. директор Технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО»

ГОРБУНОВ В.В., канд. техн. наук, доцент, лауреат Премии Совета министров СССР в области науки и техники

### Часть 2

На основе обобщения и анализа многочисленных результатов обследования эффективности энергосберегающих конструкций зданий и сооружений рассматриваются достоинства и недостатки принимаемых мер и формулируются предложения по их совершенствованию.

Системы с наружной теплоизоляцией имеют ряд существенных преимуществ: высокая теплотехническая однородность, ремонтпригодность, разнообразие архитектурных решений фасада. Они применяются с воздушным зазором и без него.

В варианте без воздушного зазора толщина утеплителя ограничена: для теплоизоляционной штукатурки — 60 мм, для минераловатных плит — 150 мм, для пенополистирольных плит — 250 мм. Эти системы работают в различных регионах страны с ГСОП (градусо-сутки отопительного периода) < 6000. Плиты утеплителя закрепляются на стене дюбелями со стальными распорными элементами и гильзами из полиамида, а от внешних атмосферных воздействий защищаются базовым клеевым слоем, армированным стеклосеткой, и декоративным слоем (штукатурка, окраска). Все компоненты системы должны быть безопасными, долговечными, совместимыми, с близкими коэффициентами расширения, исключая частичное или полное растрескивание или обрушение теплоизоляционных слоев фасадов зданий.

Вариант двухслойных стен с воздушным зазором отличается от предыдущего отсутствием ограничений на толщину применяемого утеплителя, благодаря чему он может применяться даже в районах Сибири и Крайнего Севера с ГСОП > 9000 при использовании специального крепежа (дюбелей длиной 400–450 мм). Плиты утеплителя в этом варианте также закрепляются на стене, однако защита их от внешних атмосферных воздействий обеспечивается фасадными плитами, панелями и другими облицовочными материалами, устанавливаемыми на крепящихся к стене легких конструкциях из металлических профилей (стальных, из

алюминиевых сплавов и их комбинации). Между фасадными плитами и утеплителем устраивают воздушную прослойку от 40 до 200 мм (при применении коррозионно-стойких сталей в качестве крепежных деталей; ограничение по максимальному размеру зазора связано с противопожарными требованиями) для поддержания утеплителя в сухом состоянии за счет вентиляции (поэтому такие стены называют еще «вентилируемым фасадом»). Дополнительно утеплитель защищают паропроницаемой пленкой, устанавливаемой в заводских или построечных условиях, а также ветрозащитной мембраной.

**Главная проблема наружной теплоизоляции: безопасность и долговечность, достижение которых зависит от многих факторов, в том числе от обеспечения требований антикоррозионной защиты крепежных элементов и их соединений.**

К сожалению, с решением этой и некоторых других проблем дела обстоят весьма неблагоприятно. Наружная теплоизоляция ограждающих конструкций, пришедшая к нам в основном из Германии (во Франции используется в основном внутреннее утепление стен), на практике имеет целый ряд существенных недостатков.

1. Фасадную систему наружной теплоизоляции полагаются накладывать на сухую стену. Зачастую утепление производится в неблагоприятное для этих работ время, когда фасад не может быть закрыт от влаги, которой естественно насыщается стена. После монтажа фасадной системы строительная влага, ища выхода, проходит внутрь.

2. В отечественной строительной и нормативной литературе допускается устройство на фасадах зданий штукатурных слоев по мягким материалам (утеплителям), хотя для большинства климатических зон России такой подход вряд ли можно признать целесообразным с точки зрения долговечности штукатурного слоя и всей теплозащиты.



3. При наружном расположении и оштукатуривании утеплителя цементно-песчаным раствором толщиной 20–25 мм по полимерной, стеклотканевой или металлической сетке, штукатурный слой помимо недостаточной трещиностойкости обладает пониженной паропроницаемостью, способствующей накоплению и замерзанию влаги на границе с утеплителем в погодный период со знакопеременной температурой.

4. Во время оттепелей лед тает и насыщает влагой штукатурный слой и утеплитель. Переход температуры через 0°C вызывает морозное разрушение штукатурного слоя, усугубляя трещинообразование из-за различия температурно-влажностных деформаций с утеплителем.

5. Увлажнение утеплителя вызывает увеличение его теплопроводности, которая с учетом деструкционных процессов, протекающих в утеплителе во время эксплуатации, возрастает в 1,5–2 раза.

6. Периодическое нарушение штукатурного слоя требует проведения преждевременных, незапланированных ремонтов, что подтверждает ненадежность конструкций «термофасадов».

7. Морозостойкость штукатурного слоя, выполненного вручную без контроля качества, в построечных условиях не превышает 50 циклов. Поэтому может произойти разрушение фасадов уже на 3–4 году эксплуатации. Процесс морозного разрушения ускоряют щели, появляющиеся в результате температурных и усадочных деформаций

утеплителя и штукатурного слоя, часто опережающие появление щелей от морозного разрушения. Расчеты долговечности такой наружной стены показывают, что межремонтный срок для них не превышает 5 лет.

8. Результат применения таких технологий — трещинообразование, неравномерный выход влаги (пятна), «просвечивание» швов плит утеплителя и дюбелей сквозь фактурные слои отделки, отслаивание слоев и т.д.

В последнее время распространилось поражение конструкций плесневыми грибами. Это, по данным санитарных врачей и экологов, неблагоприятно сказывается на здоровье человека, особенно детей. Большую неприятность представляют высолы на кирпичных и бетонных конструкциях жилых и общественных зданий и сооружений.

Желание как можно больше заработать толкает некоторые фирмы на применение в технологиях некачественных дешевых материалов-суррогатов, на занижение норм расхода материалов и т.д.

9. В наружных системах должны применяться крепежные дюбели, выполненные из полиамида с оксидированным или нержавеющей сердечником. Их привычно заменяют на пластмассовые дюбели с обычным гвоздем. Результат — неравномерность адгезии армирующего слоя, нарушение теплофизики защиты, несоответствие требованиям на отрыв.

10. Расположение утеплителя снаружи несущей части стены вызывает снижение ее долговечности за счет скапливания у наружного отделочного слоя влаги, замораживания и оттаивания ее в процессе эксплуатации в холодный и переходные периоды года.

11. Новая интерпретация требований к сопротивлению воздухопроницаемости наружных ограждающих конструкций и установление их без взаимосвязи с паропроницаемостью стен и нормами на вентиляцию помещений могут привести к ухудшению санитарно-гигиенических условий для проживания во вновь возведенных зданиях с естественной вентиляцией.

Воздухопроницаемые внутренние слои одновременно затрудняют выход бытового пара из помещения, а в некоторых случаях и полностью исключают. В результате относительная влажность воздуха при эксплуатации зданий стала превышать нормативные значения.

12. В состав фасадных систем входят клеевые компоненты, существенно уменьшающие паропроницаемость наружной стены и, как следствие, приводящие к образованию конденсата в плоскости между утеплителем, штукатурным слоем фасадной системы.

13. Основная причина быстрого разрушения «термофасадов» заключается в очень низком сопротивлении паропрооницанию минваты в сравнении с кирпичом, бетоном и раствором. Поэтому пар проходит через утеплитель, почти не задерживаясь, конденсируется и замерзает на наружной холодной облицовке. При незначительном потеплении тонкий штукатурный слой приобретает положительную температуру, лед на его внутренней поверхности тает, насыщая влагой отделочный слой и частично теплоизоляцию.

14. При монтаже вентилируемых фасадных систем многие трудности возникают еще на стадии проектирования. При подборе крепежных элементов не учитывается несоместимость различных коэффициентов линейного расширения. Подконструкция часто выполняется таким образом, что утеплитель по существу используется по назначению только на 20–30% вследствие резкого снижения коэффициента теплотехнической однородности.

15. Учитывая недолговечность наружных систем утепления, в ближайшие годы возникнет проблема утилизации отходов, так как в последнее время в качестве утеплителя широко используется пенополистирол. Для этого материала при определенном температурно-влажностном режиме высокая вероятность разложения в ядовитое вещество стирол. При этом долговечность пенополистирола ограничена периодом 13–20 лет, поэтому будущим новоселам следует объяснить, что в будущем через каждые 5–10 лет им возможно придется за свой счет производить демонтаж вышедшей из строя теплоизоляции, утилизацию утеплителя и сопутствующих материалов и монтаж нового слоя теплоизоляции. И эта работа для каждой квартиры обойдется примерно в 2 тыс. рублей за квадратный метр наружной стены (для систем с вентилируемым фасадом значительно дороже), а в целом для каждой квартиры цена такого ремонта в среднем обойдется примерно в 180 тыс. рублей.

Натурными обследованиями «термофасадов» на 3-м году эксплуатации зданий зафиксировано значительное количество трещин, и в первую очередь они проявились в углах оконных проемов, а затем в зонах, расположенных напротив перекрытий и перегородок. На фасаде на 2-м году эксплуатации воочью начинают обнаруживаться швы между минераловатными плитами. Это связано с неравномерной толщиной штукатурного слоя и разной паропроницаемостью, особенно в местах стыков плит. Предприни-

маемая строителями попытка ликвидировать трещины посредством расшивки с последующей шпаклевкой и покраской фасадов оказывается малоэффективной. Выполнение частых отделочных ремонтов увеличивает сопротивление паропрооницанию отделочного слоя, в результате чего количество влаги в зоне соприкосновения штукатурного слоя с минераловатным утеплителем увеличивается, и процесс морозного разрушения ускоряется.

При использовании наружной теплоизоляции человеческий фактор приобретает довлеющее значение, потому что качество системы наружного утепления, прежде всего, зависит от качества монтажа изоляции. При недостаточном уровне проектных работ (это естественно, так как в СССР было около 1500 проектных организаций, а сегодня в России насчитывается 37507 организаций и индивидуальных предпринимателей, занятых проектированием) и невысокой квалификации рабочей силы, при одновременном отсутствии инструментального контроля за качеством строительства, использование наружной теплоизоляции является проблематичным.

**В проектах должны быть затронуты вопросы инструментального контроля качества теплозащиты здания, мониторинга технического состояния тепловой изоляции зданий в процессе эксплуатации и утилизации теплоизоляционных материалов.**

В целом, необходимость современных способов утепления зданий не вызывает сомнений. Суть проблемы — в обоснованном выборе конкретного способа теплозащиты, типа утеплителя и конструкции. Учитывая все плюсы и минусы, эта проблема не может иметь общего однозначного решения и нуждается в профессиональном подходе к каждому конкретному случаю в зависимости от требований долговечности, общей экономичности и окупаемости. Как мы показали, в итоге эффект от экономии на энергопотреблении может вылиться для потребителя в огромные экономические потери.

В заключение необходимо подчеркнуть еще раз, что назрела острая потребность в научно-техническом сопровождении строительства на всех его этапах, а также в инструментальном контроле и мониторинге качества зданий, в том числе в инструментальном контроле их тепло-технических характеристик и качества монтажа, оказывающих непосредственное влияние на эксплуатационные затраты, долговечность и безопасность строительной продукции.