

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

Среди всех видов энергетических потерь, возникающих при эксплуатации зданий и сооружений, тепловые потери через наружные ограждающие конструкции — самые очевидные и неизбежные. Их практически невозможно утилизировать, а попытки их сокращения эксплуатационными приемами, как правило, не достигают значительной экономии и порою приводят даже к ухудшению технического состояния строительных конструкций.

Взаимосвязь качества и энергоэффективности строительных конструкций. Авторами статьи обследовано более 300 зданий, как находящихся в эксплуатации, так и вновь построенных. Опыт этих обследований показал, что на практике необоснованное желание сократить потребление тепла нередко оборачивается нарушением проектного тепловлажностного режима помещения. Это, в свою очередь, помимо развития грибка и других вредных факторов приводит к существенному ухудшению теплозащитных и прочностных характеристик строительных конструкций и, как следствие, повышению темпов их износа. В итоге эффект от такой экономии на энергопотреблении может вылиться для потребителя в огромные экономические потери.

Весьма характерен также пример с объектом долгостроя, приведенный в статье [3]. Строительство 25-этажного здания было начато с

фасадными стенами из керамзитобетонных панелей до внесения изменений в строительные нормы. При последующей достройке объекта уже в соответствии с современными требованиями к энергоэффективности были установлены теплозащитные окна, выполнено утепление кровли, применено эффективное авторегулирование системы отопления. Однако утепление стен показалось финансово неподъемным, и его решили не производить. При этом сопротивление теплопередаче стен осталось проектным, т.е. более чем в 1,5 раза ниже требуемого. Вследствие этого возникла угроза образования конденсата и плесени на внутренней поверхности наружных стен. Расчеты показали, что без утепления стен не обойтись, но толщина теплоизоляционного слоя минеральной ваты или пенополистирола должна быть всего 3 см и не требует дорогостоящего каркаса. В результате было выбрано весьма эффективное решение, позволившее обеспечить требуемую надежность строительных конструкций и в то же время дополнительно сэкономить до 30% тепловой энергии. Можно констатировать: **принятие каких-либо экономически обоснованных решений по энергосбережению в зданиях, как правило, невозможно и недопустимо без учета теплотехнического качества строительных конструкций, определяемого инструментально в реальных условиях эксплуатации.**

В настоящее время проблеме оптимизации качества строительных объектов на предприятиях и даже в городском хозяйстве уделяется необоснованно мало внимания. Хотя она напрямую связана с энергоэффективностью (теплопотери через наружные ограждающие конструкции), долговечностью здания (разрушения из-за колебания плоскости промерзания и смещения точки росы к внутренней поверхности ограждающих конструкций) и надежностью теплоснабжения (преждевременное остывание здания при аварийных отключениях).

Поэтому в последнее время все чаще и настойчивее звучат призывы к кардинальному снижению сверхнормативных тепловых выбросов в окружающую среду через наружные ограждающие конструкции зданий путем их рационального утепления.

Нормативы энергоэффективности строительных конструкций. В обеспечении необходимой тепловой защиты зданий имеются значительные достижения по формированию нормативных ориентиров. Причем основные принципы нормирования в этой области, сформулированные в СНиП II-3-79*, ряде ТСН, а затем и СНиП 23-02-2003, определили довольно высокие требования к энергоэффективности строительных ограждающих конструкций. Применение этих принципов для существующих зданий постройки 1960—1980-х гг. способно дать экономию тепловой энергии на отопление зданий от 30 до 80% (что означает пятикратное сокращение тепловых потерь).

Таблица 1. Значения приведенного сопротивления теплопередаче стен для зданий различных классов энергоэффективности.

Класс энергоэффективности	Сопротивление теплопередаче стен, м ² °С/Вт			Примечание
	Жилые здания, лечебно-профилактические и образовательные учреждения, гостиницы и общежития	Производственные здания с сухим и нормальным режимами	Другие здания	
Очень низкий класс энергоэффективности	1,80	1,04	1,47	менее
Низкий класс энергоэффективности (желательно утепление)	2,98	1,73	2,43	не более
Нормальный класс (нормируемое значение)	3,16	1,83	2,58	+ 9%, - 5%
Высокий класс энергоэффективности	3,51	2,04	2,87	не менее
Очень высокий класс энергоэффективности	6,45	3,74	5,27	более

Таблица 2. Значения приведенного сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей для зданий различных классов энергоэффективности.

Класс энергоэффективности	Сопротивление теплопередаче стен, м ² °С/Вт			Примечание
	Жилые здания, лечебно-профилактические и образовательные учреждения, гостиницы и общежития	Производственные здания с сухим и нормальным режимами	Другие здания	
Очень низкий класс энергоэффективности	0,30	0,17	0,24	менее
Низкий класс энергоэффективности (желательно утепление)	0,50	0,29	0,41	не более
Нормальный класс (нормируемое значение)	0,53	0,30	0,43	+ 9%, - 5%
Высокий класс энергоэффективности	0,59	0,34	0,48	не менее
Очень высокий класс энергоэффективности	1,08	0,62	0,88	более

Таблица 3. Значения приведенного сопротивления теплопередаче покрытий для зданий различных классов энергоэффективности.

Класс энергоэффективности	Сопротивление теплопередаче стен, м ² °С/Вт			Примечание
	Жилые здания, лечебно-профилактические и образовательные учреждения, гостиницы и общежития	Производственные здания с сухим и нормальным режимами	Другие здания	
Очень низкий класс энергоэффективности	2,68	1,45	1,95	менее
Низкий класс энергоэффективности (желательно утепление)	4,45	2,40	3,25	не более
Нормальный класс (нормируемое значение)	4,71	2,54	3,44	+ 9%, - 5%
Высокий класс энергоэффективности	5,24	2,83	3,82	не менее
Очень высокий класс энергоэффективности	9,62	5,19	7,02	более

В качестве нормативных критериев энергоэффективности зданий СНиП 23-02-2003 предлагает использовать один из следующих показателей (при обязательном соблюдении санитарно-гигиенических требований): приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций (стен, окон, покрытий и т.п.) и удельный расход тепловой энергии на отопление здания на единицу площади помещений.

Согласно разделу 5 указанного нормативного документа, фактическое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций должно быть не менее нормируемого значения, установленного СНиП. В случае же выбора удельного расхода тепловой энергии как критерия энергоэффективности (для помещений, ос-

нащенных системами автоматического поддержания микроклимата) подразумевается, что фактическое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций помещения соответствует нормируемым значениям этого показателя.

Таким образом, в любом случае **основополагающим показателем энергоэффективности здания является фактическое приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций и его отклонение от нормируемого значения.** СНиП 23-02-2003 определяет 5 классов энергетической эффективности зданий. В таблицах 1, 2 и 3 приводятся предельные значения приведенного сопротивления теплопередаче стен, окон и покрытий, соответствующие каждому классу

энергоэффективности, для нормируемых климатических условий средней полосы России (Москва: средняя температура отопительного периода -3,6°С при длительности 213 сут). Причем влияние фактора «глобального потепления» на величину нормируемого значения сопротивления теплопередаче не превышает 1%, что позволяет при проектировании использовать справочно-нормативные данные СНиП 23-01.

Очень низкий класс энергоэффективности соответствует состоянию ограждающих конструкций, при котором проведение утепления обязательно.

Мы полагаем обоснованным, учитывая бедственное положение с энергоэффективностью в эксплуатируемых зданиях старой постройки, что **в качестве нормируемо-**

го минимального значения сопротивления теплопередаче для целей модернизации тепловой защиты зданий может быть использован верхний порог самого низкого класса энергоэффективности по СНиП 23-02-2003.

Тогда, согласно таблице 1, обязательным требованием при модернизации стен здания будет приведение значения сопротивления теплопередаче к уровню 1,8 м²°С/Вт для климатических условий Москвы. Напомним, что фактическое состояние теплозащиты наших домов старых массовых серий минимум в 1,5 раза хуже установленного нами порога энергоэффективности. Причем на сегодня вполне реально получить достоверную оценку состояния тепловой защиты здания как для принятия проектно-технических решений о способах модернизации его строительных конструкций, так и для проверки достигнутого уровня энергоэффективности в результате проведенных работ.

Определение фактического сопротивления теплопередаче наряду с параллельным контролем точки росы и плоскости промерзания на сегодня не представляет таких за-

трудностей ограждающих конструкций на действующие строительные объекты, имеют, естественно, экономический характер, т.к. мероприятия по утеплению фасадов являются высокочрезвычайными. Кроме того, далеко не всегда работы по тепловой защите существующих зданий приносят инвестору тот эффект, который был запланирован. Расчеты показывают, что при возможном сроке окупаемости около 5—6 лет незначительные отклонения в определении исходного состояния наружных ограждающих конструкций, в принятых нормативных и стоимостных показателях, в свойствах выбранных теплоизоляционных материалов, в исполнении строительно-монтажных работ могут удлинить действительный срок окупаемости инвестиций в 2—3 раза.

Преодолению препятствий во внедрении эффективной теплозащиты зданий должны способствовать, с одной стороны, действенный контроль качества строительных конструкций — от определения их фактического состояния и остаточного ресурса до анализа энергоэффективности и разработки инженерных решений по санации зда-

Чтобы повысить представительность результатов анализа и избежать влияния какого-либо произвольно выбранного проекта, нами проведена статистическая выборка среди домов массовых серий, построенных в период с 1967 по 1978 год, в одном из районов города Подольска Московской области. В выборку вошли 18 железобетонных крупнопанельных пятиэтажек, 2 панельных девятиэтажных дома, 2 кирпичных девятиэтажных и 3 кирпичных дома в 12 этажей.

На основании фактических сведений по этим зданиям получился «портрет» российского жилого дома «среднего класса» общей площадью 7143 м² при среднем количестве квартир — 105. Для этого усредненного варианта рассчитаны величина теплопотерь через элементы наружных ограждающих конструкций и возможная экономия тепла при внедрении требований СНиП 23-02-2003, соответствующим минимально допустимому уровню тепловой защиты. Результаты расчета приведены в таблице 4. Фактическое сопротивление теплопередаче окон практически совпало с нормируемым значением нижнего порога модернизации,

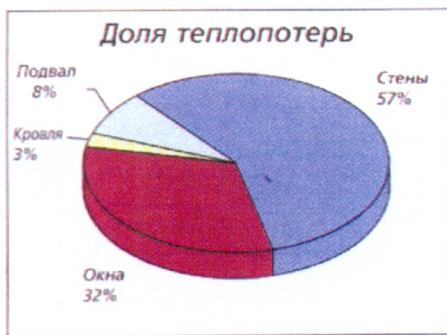
Таблица 4. Теплоэнергетический эффект минимального утепления ограждающих конструкций здания.

Наименование показателя	Элементы ограждающих конструкций			
	Стены	Окна	Чердачное перекрытие	Цокольное перекрытие
Площадь поверхности, м ²	16918	4010	1121	1121
Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче (по результатам испытаний), м ² °С/Вт	0,88	0,38	1,21	0,41
Минимальное допустимое приведенное сопротивление теплопередаче (по СНиП 23-02-2003, для окон — по старому СНиП II-3-79), м ² °С/Вт	1,80	0,40	2,68	2,36
Общий объем тепловых потерь через элементы ограждающих конструкций (без учета вентиляции и инфильтрации), Гкал/год	2000,15	1103,10	96,34	283,66
Экономия тепла при приведении элементов конструкций к минимальному уровню энергоэффективности, Гкал/год	1022,30	62,88	52,91	234,48
Отношение экономии тепла к исходному объему теплопотерь, %	51%	6%	55%	83%

трудностей, как еще каких-нибудь 10 лет назад. Развитие современных автоматизированных технологий проведения испытаний качества строительных конструкций методом неразрушающего контроля превратило решение этой нетривиальной задачи в массовую услугу (см. статью [2]). За создание этих замечательных методов их авторы, отечественные ученые, удостоены Государственной премии РФ в области науки и техники за 2003 г. [1]. **Энергетический эффект теплозащиты строительных конструкций.** Применение современных норм по тепловой защите зданий до сих пор, однако, относится к сфере нового строительства и реконструкции. Главные причины, которые препятствуют распространению нормативных принципов энергоэф-

фективности в целом, с другой — понимание четких не только нормативных, но и экономических ориентиров. Для ответа на вопрос о целесообразности усиления тепловой защиты зданий необходимо решить задачу экономической оптимизации энергоэффективности наружных ограждающих конструкций. Решение этой задачи начинается с выявления структуры фактических тепловых потерь через ограждающие конструкции здания. Как показали результаты энергетических обследований в домах массовых серий, в среднем около 9% тепловых потерь приходится на воздухообмен, включая инфильтрацию. Таким образом, более 90% тепла уходит через стены, окна, кровлю и подвал. И к ним необходимо приложить максимум внимания проектировщика.

поэтому мероприятия по усилению теплозащиты окон могут ограничиться их капитальным ремонтом. Анализируя таблицу 4, можно установить соотношение тепловых потерь через различные элементы ограждающих конструкций в целом по зданию, а также структуру ожидаемого теплоэнергетического эффекта и его удельную величину по отношению к площади соответствующей ограждающей конструкции (диаграммы и таблицу см. на стр. 48). Нетрудно заметить, что наибольший удельный теплоэнергетический эффект от утепления может быть получен на тех элементах ограждающих конструкций, которые обладают наихудшим показателем энергоэффективности и при этом претерпевают наибольшее улучшение по разнице приве-



Удельная экономия на 1м ² поверхности элемента ограждающих конструкций	Гкал/м ² в год
Стены	0,060
Окна	0,016
Кровля	0,047
Подвал	0,209

денного сопротивления теплопередаче.

Однако в любом случае максимальный абсолютный эффект может быть получен от утепления стен эксплуатируемых зданий. Это фактически предопределено преобладанием площади поверхности стен над площадью любого другого элемента наружных ограждающих конструкций. Из вышеприведенной диаграммы видно, что при минимальном повышении энергоэффективности здания доля экономии за счет утепления стен составляет более 70% всей возможной экономии тепла.

Теперь мы можем пересчитать удельные показатели энергетического эффекта в стоимость тепловой энергии и получить денежную оценку усилий по утеплению здания. На 2004 год тариф для жилищных организаций за тепловую энергию в Москве был установлен 383,5 руб./Гкал, включая НДС. Тогда стоимостная оценка мероприятий по повышению энергоэффективности здания будет следующей:

- стены — 23,17 руб/м² за отопительный период;
- окна — 6,01 руб/м²;
- кровля — 18,10 руб/м²;
- подвал — 80,22 руб/м².

Однако экономический результат должен быть сопоставлен с затратами. Ведь именно в этом и есть суш-

ность показателя экономической эффективности. Но для того чтобы представить себе объем затрат, требуемый на повышение тепловой защиты здания, необходимо иметь представление о том, какими современными техническими решениями это будет достигнуто.

Т.Е. ТРОИЦКИЙ-МАРКОВ,
президент Технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО»;
В.И. ЗУЕВ,
директор саморегулируемой «Организации профессиональных энергоаудиторских компаний» (ОПЭК);
Д.В. СЕННОВСКИЙ,
эксперт Комитета по методологии саморегулируемой «Организации профессиональных энергоаудиторских компаний» (ОПЭК)

Продолжение в следующем номере.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 09.09.2004 г. № 1154 «О присуждении Государственных премий Российской Федерации 2003 года в области науки и техники».
2. Будадин О.Н., Троицкий-Марков Т.Е., Сенновский Д.В. Применение многофункциональных технологий диагностики строительных конструкций и промышленного оборудования в энергостроительстве предприятия. «Энергослужба предприятия», 2004, №4, с. 34-39.
3. Ливчак В.И., Суханова П.Г. Анализ проектных решений по соответствию фасадов здания требованиям норм теплосащиты. (www.know-house.ru).
4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. Госстрой России, Москва, 2004.
5. Методика диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом. Свидетельство об аттестации Госстандарта РФ № 09/442-2001. «ВЕМО» 04.00.00.000 ДМ (с изменениями 2004 г.).
6. Методика диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом (летний вариант). Свидетельство об аттестации Госстандарта РФ № 02/442-2002. «ВЕМО» 05.00.00.000 ДМ (с изменениями 2004 г.).
7. Методика диагностики и определения текущего положения точки росы и плоскости промерзания наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепло-

визионным бесконтактным методом. Свидетельство об аттестации Госстандарта РФ № 51/442-2004. «ВЕМО» 10.00.00.000 ДМ.

8. Методика диагностики и энергетических обследований светопрозрачных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом. Свидетельство об аттестации Госстандарта РФ № 52/442-2004. «ВЕМО» 09.00.00.000 ДМ.

Поздравляем коллектив и директора Технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО» Будадина Олега Николаевича с присуждением Государственной премии в области науки и техники. (Указ президента Российской Федерации от 9 сентября 2004 года, № 1154.)

Наш журнал уже на протяжении более 2 лет постоянно публикует материалы о разработках Технологического института «ВЕМО» по созданию научных основ и практики широкомасштабного внедрения конкурентоспособных технологий, комплексов оборудования неразрушающего контроля и диагностики для оценки технического состояния различных промышленных, строительных и других объектов.

Внедрение этих систем и технологий технической диагностики позволяет не допускать в эксплуатацию потенциально опасного оборудования, перейти к адресному ремонту техники и сооружений, что резко уменьшает затраты на обслуживание, сокращает финансирование и социальные потери за счет значительного снижения вероятности аварийности, повышает энергоэффективность промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, строительной отрасли, энергетики, металлургии и многих других отраслей.

Уверены, что столь высокая оценка инновационной деятельности Технологического института «ВЕМО» позволит на новом уровне продолжить объединение потенциала целого ряда научных и производственных организаций для закрепления и развития российского приоритета в методологическом, инструментальном, программном и системном обеспечении российских организаций, занимающихся диагностикой, мониторингом, неразрушающим контролем, техническим и энергетическим аудитом.

Редакция журнала «Энергослужба предприятия» и в дальнейшем планируют подробно информировать о работах Технологического института «ВЕМО».

Гл. редактор В.И. КРАЙНИЙ