

Стратегия энергосбережения в гражданских зданиях: новые подходы и решения

Ю.А.Матросов, НИИСФ РААСН

Аннотация

Прошло свыше 7 лет, когда Госстрой РФ утвердил разработанные институтом совместно с другими организациями новые нормативы по тепловой защите зданий с учетом энергосбережения. Заложенные в эти нормы новые энергетические принципы нормирования по удельной потребности в тепловой энергии на отопление и воздухообмен, в явном виде в эти нормы не вошли, поскольку изменения были внесены в существующий в то время документ. В явном виде энергетический принцип нормирования был успешно апробирован и внедрен в 40 субъектов РФ в виде Территориальных Строительных Норм (ТСН) по энергетической эффективности зданий, охватывающих около 75% объемов нового строительства. По данным Госстроя РФ уже 6% от всего фонда зданий России соответствуют требованиям новых норм, обеспечивающих около 40% энергосбережения по сравнению с 1995 г. Следует констатировать, что строительный комплекс России за указанный период полностью перестроился и перешел на эти федеральные и территориальные строительные нормы. Произошли конкретные преобразования рынка строительных материалов и изделий. Повсюду применяются новые строительные материалы, изделия и технологии. В крупных городах РФ наблюдается строительный бум в жилом строительстве.

В предлагаемой ниже статье рассматриваются принципы перехода на энергетический принцип нормирования, критерий энергосбережения, новые нормативные документы, обеспечивающие эти критерии, опыт разработки и внедрения ТСН в субъекты РФ, конструктивные решения, обеспечивающие выполнение новых нормативных требований по тепловой защите и основные результаты.

ВВЕДЕНИЕ

Нормативная база по проектированию и строительству зданий в России развивалась в соответствии с потребностью общества. Нормы по тепловой защите зданий (по строительной теплотехнике) в России (а затем в бывшем Советском Союзе) существуют с 1921 г. и они претерпели с этого периода времени свыше десяти редакций, связанных с изменением технического уровня строительства в стране. До конца 80-х годов, основное внимание уделялось стоимости строительства, т.е. минимизации капитальных затрат и несколько не учитывались эксплуатационные затраты, поскольку топливо было дешевым и наиболее распространенное в городах централизованное теплоснабжение обеспечивало теплом здания практически бесплатно. Плановая экономика, существовавшая в то время, требовала, чтобы нормативная база отвечала вопросам гигиены, безопасности и экономии стройматериалов. На нужды отопления в бывшем Союзе уходило около одной третьей из всего добываемого в стране топлива, или около 250 млн. т в угольном эквиваленте.

Положение резко изменилось в результате перехода страны к рыночной экономике в начале 90-х годов и значительного роста цен на топливо внутри страны. В это время было осознано, что страна в значительной мере расточительно расходует свои энергетические ресурсы на поддержание

требуемого микроклимата в зданиях, и что доля эксплуатационных расходов на отопление зданий относительно велика. В связи с этим в стране на уровне парламента были приняты законодательные акты, направленные на энергосбережение и эффективное использование энергии, были разработаны изменения в нормы, снижающие их энергопотребление, и были разработаны принципиально новые территориальные нормы по энергетике зданий гражданского назначения.

Государственный комитет по строительству (Госстрой России) во исполнении решений Правительства России в области энергосбережения поставил в 1994 г. цель - достичь снижение расходов на отопление в новых и реконструируемых зданиях по сравнению с 1995 г. на 20% в период до 1999 г. и на 40% с 2000 года. В связи с этим при разработке изменений норм по тепловой защите зданий возникла необходимость разработки “энергетических принципов” нормирования энергетических параметров зданий.

Для достижения этой цели был разработан так называемый потребительский подход. Исследования показали, что относительно простое потребительское требование может быть установлено всего по одному параметру: удельной потребности в тепловой энергии на отопление здания по отношению к градусо-суткам отопительного периода.

Чтобы определить это стандартизованное значение было необходимо определить теплозащитные свойства совокупности ограждающих конструкций здания. Удельная потребность в тепловой энергии (на отопление и воздухообмен) определяется количеством тепла на отопление за отопительный период по отношению к кв.м отапливаемой площади или куб.м объема здания и градусо-суткам отопительного периода, в кДж/(м²·°C·сут) или в кДж/(м³·°C·сут).

Идея нормирования этого параметра возникла в 1994 г., когда этот новый параметр был предложен для модели территориальных строительных норм по энергетической эффективности зданий. Эта модель норм “Энергетическая эффективность зданий. Региональные нормы по тепловой защите зданий”, были разработаны под руководством автора в НИИ Строительной Физики (НИИСФ), в Центре по энергетической эффективности и в Комитете по защите природных ресурсов (НРДС).

Результаты разработки нормативных документов, последовательно по времени внедряющих потребительский подход к тепловой защите зданий и к энергосбережению при проектировании и строительстве зданий, обсуждается ниже.

ЧЕТЫРЕ ЭТАПА ВНЕДРЕНИЯ В НОРМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ

Развитие методов нормирования тепловой защиты зданий и потребности в тепловой энергии в направлении все большего внедрения в нормы энергетических принципов проектирования и строительства зданий можно разделить на четыре этапа.

Первый этап. Точкой отсчета служит **поэлементный** метод. На этом этапе рассматривалась в основном теплопередача через наружные ограждающие конструкции. Все наружные ограждающие конструкции здания подразделялись на элементы (наружные стены, чердачные перекрытия или покрытия, цокольные перекрытия, окна, двери и т.д.), для каждого из которых устанавливалось минимально допустимое сопротивление теплопередаче. Метод получил отражение в действовавших до 1995 г федеральных нормах по

тепловой защите здания (СНиП “Строительная теплотехника”). Нормы были построены по предписывающему принципу, т.е. возможности проектирования были жестко ограничены нормативными требованиями и предписаниями. Для этого этапа были характерны простейшие расчетные методики. При учете “мостиков холода” расчет приведенного коэффициента теплопередачи ограждающей конструкции существенно усложнялся. Нормируемый уровень тепловой защиты зданий мало соответствовал требованиям энергосбережения.

Второй этап. На втором этапе **нормировался приведенный (средний) коэффициент теплопередачи** совокупности ограждающих конструкции здания в стационарных условиях. Вместо нормирования каждого элемента было достаточно задать одно значение для совокупности ограждающих конструкций. В результате получали большую вариабельность при проектировании, когда меньшую теплозащиту одного элемента можно было компенсировать большей теплозащитой других элементов. К недостаткам этого этапа следует отнести невозможность прямого контроля нормативных значений. Приведенный (средний) коэффициент теплопередачи в виде нормы нами впервые в России был введен в московские городские нормы по энергосбережению в зданиях в 1994 г (МГСН 2.01-94 "Энергосбережение в зданиях"). Эти нормы представляли собой первый шаг в направлении энергосбережения - они предусматривали снижение энергопотребления на 20 %. В них впервые был введен расчет удельной потребности в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период и требования по энергетическому паспорту.

Третий этап. На третьем этапе **нормируется значение конечной потребности в тепловой энергии на отопление** за отопительный период. Этот этап уже отражает системный подход к теплозащите зданий. Методология этого и следующего четвертого этапа была разработана в модели норм для субъектов РФ. Снижение потребности в тепловой энергии на отопление зданий достигается не только за счет ограждающих конструкции, но и за счет улучшения систем вентиляции и отопления, и за счет пассивного использования солнечной энергии при выборе выгодных с энергетической точки зрения архитектурного и объемно-планировочного решений. Основываясь на этой методологии нами в 1994-95 гг. были разработаны и введены в действие принципиальные изменения в федеральные нормы по строительной теплотехнике. Их применение обеспечило с 2000 г снижение энергопотребления для вновь возводимых и реконструируемых зданий на 40 % по сравнению с 1995 г. Новые сниженные значения потребности в тепловой энергии были затем использованы для расчета требуемых приведенных сопротивлений теплопередаче наружных стен, цокольных и чердачных перекрытий и окон в зависимости от числа градусо-суток и места строительства зданий. Таким образом, было установлено и одобрено два уровня нормативных требований к отдельным элементам ограждающих конструкций – первый и второй этапы из условия энергосбережения (см. рисунок 1).

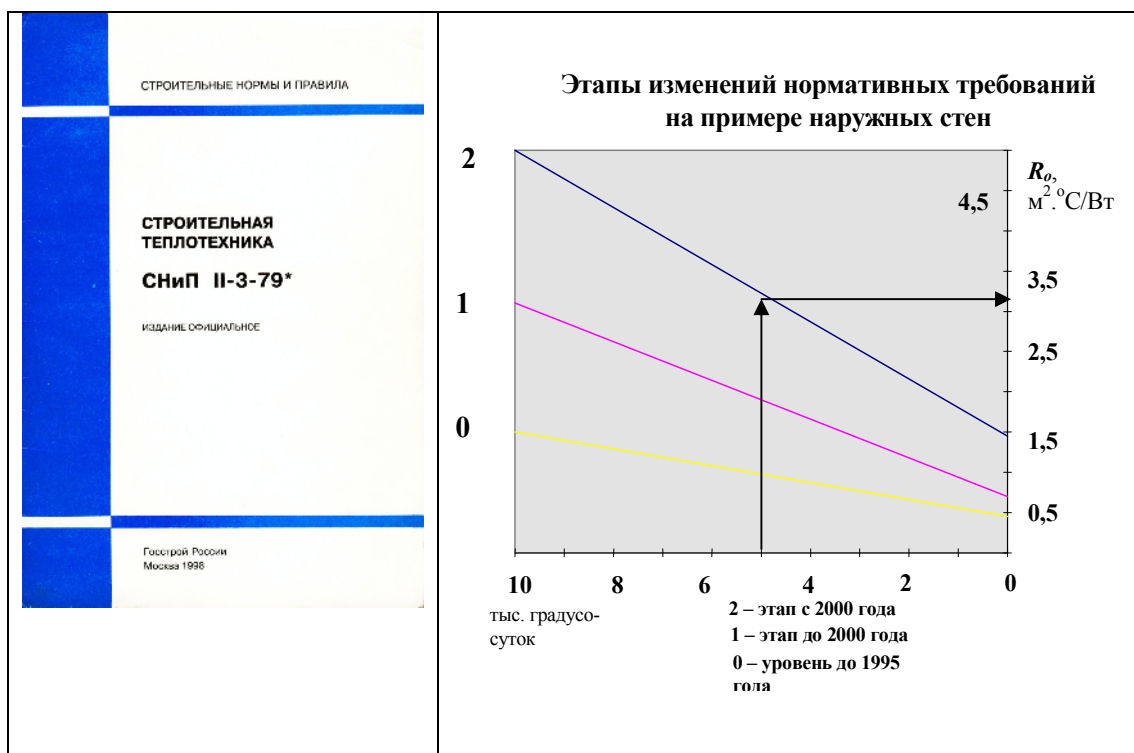


Рисунок 1

Можно утверждать, что новые подходы, отраженные в нормах, во многом способствовали внедрению новых для России энергосберегающих технологий в строительстве.

По методологии третьего этапа в 1998-99 гг. с установлением норм по удельному энергопотреблению нами была разработана новая редакция московских городских норм по энергосбережению в зданиях (МГСН 201-99), по которым осуществляется сейчас все московское строительство. В этих нормах был детально разработан энергетический паспорт здания, методология расчета энергозатрат на горячее водоснабжение, а также новый раздел проекта "Энергоэффективность зданий". Строительство всех новых и реконструкция жилых зданий в г.Москве осуществляется по этим нормам. В 2002 году было возведено и реконструировано 3,8 млн кв.м, в текущем планируется 4,2 млн кв.м. Только ДСК-1, ДСК-2, ДСК-3 и ДСК-5 сейчас возводят свыше 3 млн кв.м жилья в год. С 1995 г. применение этих норм привело к кумулятивному (накопительному) сбережению тепловой энергии свыше 3,6 ПДж (а также снизило на 4% общее теплотребления города на нужды отопления). Новые федеральные нормы "Дома жилые многоквартирные" 2001 г., разработанные с участием автора, содержит отдельные нормативные требования по удельному энергопотреблению малоэтажных домов. Другой новый нормативный документ - свод правил "Проектирование тепловой защиты зданий", также разработанный с участием автора, - содержит рекомендуемые форму энергетического паспорта и алгоритм расчета удельного энергопотребления здания. Принцип нормирования, отражающий требования системного подхода, в отличие от предписывающих норм первого и второго этапов, - потребительский.

Четвертый этап. И, наконец, на четвертом этапе произошло объединение нормирования тепловой защиты и систем теплоснабжения путем нормирования потребности здания в первичной энергии. Аналогичная

методология уже апробирована в нормах Великобритании, Франции, Италии, Германии и во многих регионах России в территориальных строительных нормах ТСН по энергетической эффективности зданий. В течение 1999-2002 гг. нами было разработано и введено в действие около 40 ТСН - от Калининградской области на западе до Сахалинской области на востоке и от Краснодарского края на юге до Ненецкого АО и Республики Саха (Якутия) на севере. Все ТСН, введенные в действие на этих территориях, утверждены главами администрации территории, зарегистрированы Госстроем РФ и включены в список нормативных документов, действующих на территории Российской Федерации. Основная норма по удельной потребности в тепловой энергии на отопление, представленная в ТСН и независимая от климата регионов, приведена в таблице на рисунке 2.

**Нормируемое удельное энергопотребление на отопление зданий (q_h^{req})
кДж/(м²·°С·сут) [кДж/(м³·°С·сут)] за отопительный период**

Типы зданий	Число этажей				
	1-3	4-5	6-9	10-12	Более 12
Жилые	115	85	80	75	70
Общеобразовательные учреждения и офисы	[36 (32)]	[30 (27)]	[29 (23)]	[27 (21)]	[25 (20)]
Поликлиники и лечебных учреждений, домов-интернатов	[34], [33], [32]	[31]	[30]	--	--
Дошкольные учреждения	[45]	--	--	--	--

Примечание: Величины q_h^{req} , кДж/(м³·°С·сут), в круглых скобках, относятся к офисам.

Рисунок 2

Не менее 70 % (а в некоторых регионах, например в Москве, все 100 %) вновь возводимых и реконструируемых зданий проектируются и возводятся согласно требованиям этих ТСН.

Оценку результатов внедрения ТСН в регионы РФ возможно получить расчетным путем по объемам жилищного строительства в тех регионах, где были внедрены ТСН. Эти регионы по данным 2001 г. ввели в эксплуатацию 8292 тыс.кв.м многоквартирных малоэтажных домов и 13883 тыс. кв. м многоэтажных многоквартирных зданий (всего 22125 тыс. кв. м из 31122 общего объема жилищного строительства России). Энергосберегающий эффект рассчитывается по разности в потребности тепловой энергии на отопление этого объема зданий согласно нормам до и после введения ТСН и оценивается в конечной потребности тепловой энергии на отопление в 3354 ТДж для многоквартирных малоэтажных домов и 3707 ТДж для многоэтажных многоквартирных зданий (всего 7061 ТДж). Энергетическая эффективность систем теплоснабжения оценивается в среднем 50%, т.е. половина первичного топлива, преобразованного в тепловую энергию, теряется на пути к конечному потребителю. Поэтому энергосберегающий эффект по первичной энергии

оценивается в 2002 г. около 14 тыс. ТДж и в денежном выражении около 28-30 млн долларов США.

В связи с стремлением России присоединиться к Протоколу, подписанному в Киото, представляет интерес оценка снижения выбросов углекислого газа в атмосферу за счет этого энергосберегающего эффекта, составляющего в 2002 г. около 950 тыс тонн CO₂.

Эти цифры возрастут за счет кумулятивного эффекта за предстоящий 10 летний период до 770 тыс. ТДж и 9,5 млн тонн CO₂ при условии стабильных объемов строительства, что также при стабильных ценах на энергии в денежном выражении превысит 1650 млн долларов США.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОССИЙСКИХ И НЕМЕЦКИХ НОРМ

Сравнительный анализ российских территориальных строительных норм тепловый защите зданий и постановления Германии об энергосберегающей тепловой защите и об энергосберегающих отопительных установках (EnEV-2002) показал, что используются одинаковые подходы и методологические принципы нормирования. При установлении нормативов в территориальных нормах принят принцип равенства энергозатрат на источнике генерирования тепловой энергии для целей отопления. Поэтому выбор теплозащиты здания осуществляется с учетом энергетической эффективности различных систем теплоснабжения. Нормативные величины потребности в тепловой энергии на отопление здания установлены при условии подключения здания к базовой системе - к централизованной системе теплоснабжения от тепло электростанций при совместной выработке электрической и тепловой энергии. Если в проекте здания предусмотрено подключение к децентрализованной системе теплоснабжения, например, индивидуальной котельной на природном газе, то приведенные на рисунке 2 нормативные величины умножаются на соответствующий коэффициент, больший единице.

На рисунке 3 приведено сравнение численных значений нормативов по конечному (полезному) потреблению энергии России, пересчитанных на климатические условия Германии и на одинаковые размерности за вычетом расходов на горячее водоснабжение, и нормативов в указанном выше постановлении Германии. Очевидно, что российские нормативы отстают приблизительно на 15% от нормативов Германии.

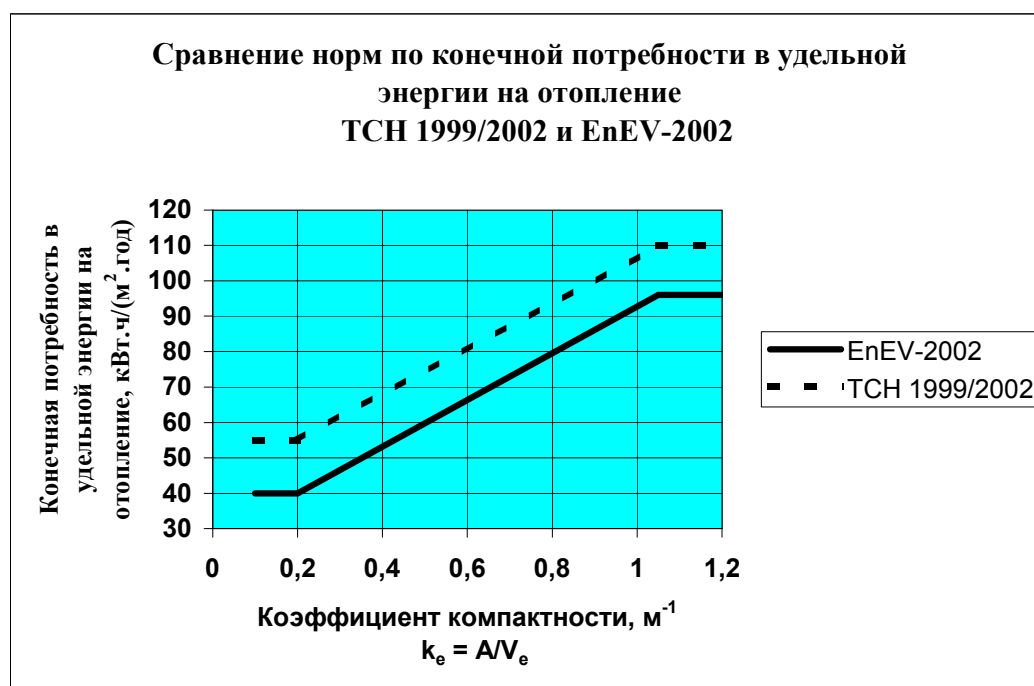


Рисунок 3.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗДАНИЙ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

На рисунке 4 приведена классификация зданий по энергетической эффективности по степени отклонения расчетных или измеренных нормализованных значений удельной потребности в тепловой энергии на отопление здания от нормируемого значения, приведенного для соответствующего типа здания в таблице на рисунке 3. Под нормализацией понимается приведение измеренных значений к расчетным условиям. Эта классификация относится как к вновь возводимым и реконструируемым зданиям, проекты которых разработаны в соответствии с требованиями описанных выше нормативных документов, так и к эксплуатируемым зданиям, построенным по прежним нормативным документам.

Классы энергетической эффективности гражданских зданий

Буквенное и графическое обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного (или измеренного нормализованного) значения от нормативного значения, %	Рекомендуемые мероприятия органами администрации субъектов Федерации
<i>При проектировании и эксплуатации новых и реконструированных гражданских зданий</i>			
A 	Повышенный	Минус 10 и ниже	Рекомендуется экономическое стимулирование
B 	Нормальный	от 0 до минус 9	Соответствует требованиям норм
<i>При эксплуатации новых и реконструированных гражданских зданий</i>			
B 	Пониженный	от плюс 1 до плюс 25	Рекомендуются штрафные санкции
<i>При эксплуатации существующих гражданских зданий</i>			
Г 	Низкий	от плюс 26 до плюс 75	Желательна реконструкция здания
Д 	Существенно низкий	от плюс 76 до плюс 120	Рекомендуется реконструкция здания в перспективе
Е 	Чрезмерно низкий	свыше 120	Необходима срочная реконструкция здания

Рисунок 4

К классам *A* и *B* могут быть отнесены здания, проекты которых разработаны по действующим нормативным документам. В процессе реальной эксплуатации энергетическая эффективность таких зданий может отличаться от данных проекта в лучшую (класс *A*) или худшую (класс *B*) стороны в пределах, указанных в таблице 4. В случае выявления класса *A*, рекомендуется применение органами местного самоуправления мероприятий или инвесторами по экономическому стимулированию, а в случае выявления класса *B* рекомендуется изучить причины, приведшие к таким отклонениям с принятием соответствующих административных мер.

Классы *G – E* относятся к эксплуатируемым зданиям, возведенным по действующим в то время нормативным документам. Эти классы дают информацию органам местного самоуправления или собственникам зданий о необходимости срочных или менее срочных мероприятий по улучшению энергетической эффективности.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Высокие требования к тепловой защите зданий, соответствующие современным задачам энергосбережения и отраженные в новых нормативах тепловой защиты зданий, диктуют необходимость разработки и внедрения энергоэффективных ограждающих конструкций с использованием высококачественных эффективных теплоизоляционных материалов. В противном случае как толщина наружных ограждающих конструкций, так и их стоимость были бы непомерно высокими.

Потребность только жилищного сектора строительства в эффективных утеплителях на 2010 г. оценивается 25-30 млн м³. Основным видом применяемых утеплителей составляют минераловатные изделия (более 65%), на стекловатные материалы приходится 8%, 20% - на пенопласты, доля теплоизоляционных бетонов не превышает 3%. Потребность в теплоизоляционных материалах стимулировала их рынок, а высокие таможенные пошлины и транспортные расходы – развертывание новых производств в России.

Основные принципы нормирования теплозащиты зданий сформулированы в СНиП II-3-79*. Если при изменении норм и правил по проектированию покрытий, чердачных и цокольных перекрытий проблем не возникает, то проектирование наружных стен требует поиска качественно новых технических решений.

Проектирование наружных стен с учетом новых требований к теплозащите

Как известно, с теплотехнической точки зрения условно различают три основных вида наружных стен по числу основных слоев: однослойные, двухслойные и трехслойные. Теплозащитные свойства стен, определяющие в конечном счете расход тепла на отопление здания, связаны с климатической характеристикой местности, выражаемой в градусо-сутках отопительного периода (ГСОП). Возможность применения той или иной конструкции ограничивается наибольшим значением ГСОП, при котором эта конструкция обеспечивает необходимый уровень теплозащиты и имеет разумную толщину.

Однослойные стены

Однослойные стены наиболее привычны для российских проектировщиков и строителей и наиболее просты в исполнении, а при обеспечении необходимых теплозащитных свойств – и в эксплуатации.

Однослойные стены выполняют из конструкционно-теплоизоляционных материалов и изделий, совмещающих несущие и теплозащитные функции. Требуемые параметры микроклимата в помещениях, то есть необходимые комфортные условия, обеспечиваются при соответствующем качестве материалов стен.

С учетом современных требований к теплозащите наиболее приемлемы стены из ячеистобетонных блоков, изготавливаемых по различным технологиям. При плотности этого материала не более 500 кг/м^3 , толщине стены 500 мм и расчетном значении коэффициента теплопроводности не более $0,15 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ возможно его использование в районах с ГСОП до 6000-6500. Расширение области применения ячеистобетонных материалов для районов с ГСОП более 6500 также возможно, но при увеличении толщины стены до 700-750 мм. Как правило, стены из ячеистобетонных блоков проектируют как самонесущие с поэтажным опиранием на элементы перекрытия, с обязательной защитой от внешних атмосферных воздействий (облицовка, штукатурный слой и т.п.).

Производство конструкционно-теплоизоляционных блоков из ячеистых бетонов налажено на Тобольском, Оренбургском, Голицынском заводах, Калужском ДСК и других предприятиях, а блоков из особо легкого полистиролбетона (плотностью $150-550 \text{ кг/м}^3$) – на 10 предприятиях строительной индустрии.

Для однослойных стен также целесообразно применение и других бетонных материалов плотностью не более $600-700 \text{ кг/м}^3$ (легкие бетоны, пенобетоны и т.п.), однако их применение при толщине стены 500 мм ограничивается районами с ГСОП 2000.

В определенных условиях эффективны однослойные стены из глинистого пустотелого кирпича.

Двухслойные стены

Двухслойные стены содержат несущий и теплоизоляционные слои, которые могут быть расположена как снаружи, так и изнутри. Внутренняя теплоизоляция должна обеспечивать защиту от увлажнения и накопления влаги в толще утеплителя, что требует специального теплотехнического расчета и тщательного изготовления. Системы с наружной теплоизоляцией имеют ряд существенных преимуществ (высокая теплотехническая однородность, ремонтпригодность, разнообразие архитектурных решений фасада, предпочтительность при реконструкции стен) и начали широко применяться в строительной практике. В настоящее время применяют, в основном, два варианта таких систем: вариант 1 – системы с наружным штукатурным слоем; вариант 2 – системы с воздушным зазором.

В варианте 1 применяются теплоизоляционные материалы, отвечающие специальным требованиям; толщина утеплителя из минераловатных плит – до 150 мм, из пенополистирольных плит – до 250 мм; они закрепляются на стене дюбелями со стальными распорными элементами и гильзами из полиамида. Утеплитель от внешних атмосферных воздействий защищают базовым клеевым слоем, армированным стеклосеткой, и декоративным слоем (штукатурка, окраска). Необходимо применять безопасные, долговечные и совместимые компоненты, исключая частичное или полное растрескивание или обрушение теплоизоляционных слоев фасадов зданий. В связи с этим компоненты и применяемые материалы и изделия должны обязательно пройти техническую оценку пригодности. Рекомендации по выбору материалов и

изделий, содержащиеся в СП 12-101-98, необходимо откорректировать с учетом этой оценки.

В настоящее время по результатам соответствующей проверки 20 зарубежных и отечественных фирм получили технические свидетельства Госстроя России на применяемые ими изделия и системы, которые работают в различных регионах страны с ГСОП 6000.

Вариант 2 отличается от варианта 1 отсутствием ограничений на толщину применяемого утеплителя – минераловатных плит, также закрепляемых на стене дюбелями. Теплоизоляционный слой защищают фасадными плитами из различных материалов, устанавливаемыми на крепящихся к стене легких конструкциях из металлических профилей (стальных, из алюминиевых сплавов и их комбинации). Дополнительно утеплитель защищают паропроницаемой пленкой, устанавливаемой в заводских или построечных условиях. Кроме того, между фасадными плитами и утеплителем предусмотрен воздушный зазор толщиной 60 мм.

Безопасность и долговечность этого варианта зависит от многих факторов, в том числе от обеспечения требований антикоррозионной защиты крепежных элементов и их соединений.

В настоящее время 12 организаций представили в Госстрой России материалы для технической проверки пригодности своих систем.

При использовании дюбелей длиной 400-450 мм для крепления минераловатных плит к стене вариант 2 может найти применение в районах с ГСОП > 9000.

В настоящее время системы с наружной теплоизоляцией реализуются на большинстве строящихся зданий с монолитным железобетонным каркасом и при реконструкции панельных и кирпичных зданий.

Трехслойные стены

Трехслойные стены, возводимые на строительной площадке с применением различных видов мелкоштучных изделий и расположенного между наружным и внутренним слоями утеплителя, применялись и раньше в строительстве в виде колодцевой кладки. Невысокая теплотехническая однородность (менее 0,5), вызванная рассекающими утеплитель кирпичными перемычками, а также проблемы контроля исполнения кладки сильно ограничивают ее применение при новых требованиях к энергосбережению.

Кладка с применением мелкоштучных изделий должна обеспечивать большую теплотехническую однородность стен – до 0,64-0,74. Для гибких связей в таких стенах используется стальная арматура с соответствующими антикоррозионными свойствами стали или защитных покрытий. Применение таких конструкций ограничено толщиной стен в 2,5-3 кирпича.

Довольно давно в индустриальном домостроении применяются бетонные трехслойные стены, но они обладают более низким приведенным сопротивлением теплопередаче, чем это необходимо по современным требованиям. Для повышения теплотехнической однородности жесткие связи между наружным и внутренним слоями были заменены гибкими стальными связями в виде отдельных стержней или их комбинаций. Для той же цели применяются плитно-заливочные или заливочные утеплители. Многочисленные расчеты по определению приведенного сопротивления теплопередаче, выполненные в НИИСФ, ЦНИИЭП жилища и других организациях с учетом трехмерных температурных полей, показали, что коэффициент

теплотехнической однородности таких конструкций составляет 0,67-0,8, что уже вполне приемлемо для решения поставленной задачи.

Трехслойные стены толщиной 350-450 мм с утеплителем толщиной 200-300 мм из пенополистирола и минеральной ваты на гибких связях могут применяться в регионах, где показатель ГСОП достигает 6000-7000.

В настоящее время имеются многочисленные примеры изготовления трехслойных ограждающих конструкций, отвечающих требованиям второго этапа внедрения СНиП II-3-79*. Так, например, московские ДСК и предприятия промышленности строительных материалов на основе энергосберегающих проектных решений успешно освоили производство жилых домов серий П44Т, ПЗМ, КОПЭ, П46М, Пд4 общей площадью более 2,2 млн м² в год, с приведенным сопротивлением теплопередаче стеновых панелей 3,16-3,28 м²·°С/Вт, что выше требований для второго этапа (3,15 м²·°С/Вт). Аналогичные трехслойные панели применяют при возведении зданий домостроительные комбинаты в Подольске, Щелково, Тучково, Электростали, Орехово-Зуеве, Челябинске, Республике Татарстан, Бурятии, Карелии, Хабаровском крае, Свердловской, Ленинградской, Архангельской, Орловской, Псковской, Новгородской, Томской и Самарской областях.

Для оценки безопасности и долговечности дискретных связей (шпонок) различных модификаций и стеклопластиковых гибких связей требуется получение дополнительной информации и их одобрение техническим свидетельством Госстроя России.

Очевидно, что отсутствие новой редакции ГОСТ 11024 “Панели наружные бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия” сдерживает развитие этого перспективного направления.

Стены из трехслойных легких сэндвич-панелей продолжают широко применяться, прежде всего, в промышленном строительстве. Здесь так же, как и в предыдущем случае, решающее слово за нормативной базой, и, прежде всего, это разработка стандарта на сэндвич-панели с минераловатным утеплителем.

Применение расчетных теплофизических характеристик строительных материалов

Как известно, имеется существенное различие в коэффициентах теплопроводности материалов в сухом состоянии и этих же материалов в ограждающей конструкции. Например, пенополистирольные плиты плотностью 40 кг/м³ имеют коэффициент теплопроводности в сухом состоянии 0,038 Вт/(м·°С), а в ограждающей конструкции здания, расположенного в центральной полосе России, с учетом увлажнения стены при эксплуатации тот же коэффициент имеет значение 0,05 Вт/(м·°С), т.е. на 30% выше. Зарубежные и отечественные производители теплоизоляционных материалов при продаже часто сообщают данные, полученные при лабораторных испытаниях своего материала в сухом состоянии, и эта величина по ошибке и в нарушение СНиП II-3-79* иногда используется при проектировании.

СНиП II-3-79* требуют при проектировании использовать только расчетные (применяемые при проектировании) значения коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов при условиях эксплуатации А и Б. Табличные значения в этих СНиП установлены на базе материалов, выпускаемых отечественной промышленностью. Поскольку на рынке стройматериалов России появились теплоизоляционные материалы,

производимые по новейшим технологиям и с улучшенными теплоизоляционными свойствами, возникла необходимость в разработке стандартизированной методики определения расчетных значений для этих материалов в эксплуатационных условиях. Такая методика разработана и приведена в принятом Госстроем России СП 23-101-2000 “Проектирование тепловой защиты зданий”. Методика предназначена для аккредитованных Госстроем России испытательных лабораторий, устанавливает процедуру определения расчетных значений для конкретных марок и типов строительных материалов, в том числе и зарубежных.

Аналогичный подход при определении расчетных значений используется и за рубежом. Так, например, Международная организация по стандартизации (ИСО) разработала стандарт 10456 “Определение декларированных и расчетных теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов”. В ФРГ действует стандарт DIN 4108, ч.4, содержащий таблицу расчетных значений коэффициентов теплопроводности строительных материалов и изделий. В Дании ведущими производителями теплоизоляционных материалов, научных и других организаций в 1997 г. создана независимая организация (VIK), которая контролирует применение расчетных значений теплопроводности при проектировании на базе датского стандарта DS 418. Аналогичные подходы использованы в стандартах Норвегии (NS 3031), Швеции (BBR 99), Эстонии (EVS 724:1996), Литвы ((STR 2.01.03:1999) и других стран.

Утепление наружных стен

Существует мнение, что расположение утеплителя снаружи несущей части стены вызывает снижение ее долговечности за счет скапливания влаги у наружного отделочного слоя и попеременного замораживания и оттаивания ее в процессе эксплуатации в холодный и переходный периоды года.

Однако результаты расчетов и натурных исследований влажностного режима таких стен, проведенных в ряде исследовательских институтов, показывают, что при правильном их конструировании недопустимого накопления влаги у наружного отделочного слоя не происходит. Так, в ЦНИИЭП жилища были проведены комплексные исследования долговечности конструкций наружных стен, утепленных минераловатными плитами на основе базальтового волокна с отделочным штукатурным слоем. Наружное утепление однослойных стен было выполнено в жилых домах серии 1-515 в г. Москве. Эта система наружной теплоизоляции привела к улучшению теплового и влажностного режима жилых помещений и стен; в течение длительного времени эксплуатации зданий не было выявлено никаких дефектов.

Аналогичные результаты с наружной теплоизоляцией были получены в Литовском НИИ Строительства, где такая конструкция без изменения своих свойств выдержала более 70 циклов замораживания и оттаивания. Опыт массовой эксплуатации наружной теплоизоляции в Польше и Германии в течение более чем 25 лет также не выявил ухудшения эксплуатационных качеств наружной теплоизоляции и ее облицовочных слоев.

Защита многослойных стен от диффузии водяного пара

Теплозащитные свойства многослойной конструкции зависят от установившейся влажности теплоизоляции. Вследствие разницы давлений водяного пара снаружи и внутри здания через ограждающую конструкцию происходит диффузия водяного пара в наружную сторону. При проектировании

многослойных ограждающих конструкций 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 стены. Применять теплоизоляцию с внутренней стороны допустимо только при условии надежного пароизоляционного слоя со стороны помещения, что на практике трудно выполнимо.

Светопрозрачные ограждающие конструкции

Новое поколение оконных конструкций основано на использовании в качестве светопрозрачных элементов одно- и двухкамерных стеклопакетов, которые позволяют существенно повысить уровень теплозащиты по сравнению с ранее выпускавшимися светопрозрачными конструкциями. Применение в стеклопакетах стекол с селективным покрытием увеличивает сопротивление теплопередаче оконных блоков до значений $0,6-0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Качественно на другом уровне решаются и вопросы герметизации притворов.

Внедрение в практику отечественного строительства окон в пластмассовых переплетах с повышенной теплозащитой повлекло за собой ряд ошибок в теплотехническом проектировании фасадов зданий и монтаже светопроемов. Одна из ошибок первоначального внедрения таких окон связана с малой, в пределах 50-55 мм, толщиной пластмассовых оконных блоков, в связи с чем на внутренних поверхностях оконных откосов возникают зоны с пониженными температурами, приводящие к выпадению конденсата или даже его замерзанию. Для устранения этой ошибки необходимо выбирать светопрозрачную конструкцию с увеличенной толщиной – не менее 80 мм – и размещать ее в оконном проеме на глубину обрамляющей “четверти” от плоскости фасада стены, заполняя пространство между оконной коробкой и внутренней поверхностью четверти вспенивающимся теплоизоляционным материалом.

Другие ошибки связаны с недостаточным учетом воздухопроницаемости окон. Нормируемая воздухопроницаемость заполнения светопроемов окнами в деревянных переплетах равна $6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, в пластмассовых переплетах – $5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при разности давлений 10 Па, причем эта величина установлена с учетом воздухопроницаемости примыкания оконной коробки к стене. Результаты сертификационных испытаний окон в пластмассовых переплетах показывают, что воздухопроницаемость притворов открываемых элементов окон находится в пределах от 0,5 до $2 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Из-за пониженной воздухопроницаемости притворов окон в пластмассовых переплетах (и новейших типов окон в деревянных переплетах) и высокой герметизации примыкания окон к стенам происходит недостаточный воздухообмен и, как следствие, повышенная влажность в помещениях. Чтобы избежать этого явления, необходимо осуществлять периодическое проветривание помещений; открывание окна или форточки на 10-15 мин обеспечивает требуемый воздухообмен и не несет заметных теплопотерь. Вместе с тем современные оконные конструкции уже оснащаются регулируемыми приборами вентилирования (шумозащитными клапанами, специально организованными отверстиями в оконном профиле,

поворотно-откидными устройствами, фиксаторами), которые могут обеспечить любой вариант проветривания помещения по желанию пользователя.

Для оценки влияния ограждающих конструкций на воздухообмен в помещениях действующие нормативные документы по методам определения воздухопроницаемости (ГОСТ 25891-83, ГОСТ 26602.2-99) должны быть дополнены новыми стандартами. Такие методики уже нашли распространение за рубежом в ряде стандартов зарубежных стран и в новом стандарте ИСО 9972.

Внедрение новых технических решений по теплозащите зданий

Накопленный опыт и перспективы разработки и внедрения новых теплозащитных конструкций зданий можно суммировать следующим образом:

- Новые конструктивные решения ограждающих конструкций, ориентированных на новейшие технологии, в том числе на системы наружной теплоизоляции, вентилируемые ограждения, трехслойные конструкции на точечных связях, а также опыт, накопленный в регионах РФ при разработке этих решений на практике, подтверждают их энергоэффективность;
- Новые нормативные требования стимулировали отечественную промышленность к выпуску новых прогрессивных строительных материалов и изделий на уровне мировых стандартов и, в частности, к увеличению производства высококачественных эффективных теплоизоляционных материалов, энергосберегающих ограждающих конструкций и новых типов энергоэффективных окон;
- Значительная часть субъектов РФ, осознав необходимость решения проблемы энергосбережения, эффективно перестраивает свое строительное производство с учетом новых нормативных требований. Разработаны и введены территориальные нормы, обеспечивающие такой же, как и федеральные нормы, энергосберегающий эффект и учитывающие климатические, энергетические, строительные и другие региональные особенности и возможности местной строительной промышленности. Происходит апробация в регионах новой идеологии нормирования;
- Однако в некоторых регионах существуют определенные трудности с разработкой и производственным освоением новых технических решений, касающихся тепловой изоляции наружных стен, с обеспечением строительства недорогими, но качественными отечественными теплоизоляционными и другими строительными материалами. Эти регионы нуждаются в систематической помощи для преодоления этих трудностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Массовое внедрение энергетического принципа нормирования теплозащиты зданий в ТСН сорока регионов РФ, а также в новый СНиП “Дома жилые многоквартирные” подтвердило, что основные нормативы и подходы выбраны правильно;

Новая идеология нормирования для новых федеральных норм впервые в России была апробирована в таком большом количестве регионов и протестирована на проектах многочисленных зданий региональными специалистами. Такого прецедента еще не было в истории разработки норм нашей страны;

Анализ результатов расчетов для жилых зданий, проведенных в различных климатических зонах России, показал, что при переходе на новые нормы по теплозащите зданий снижение энергопотребления составляет в

среднем около 40% при минимальном возрастании стоимости, а некоторых случаях даже снижении стоимости;

За прошедшие 7 лет в результате внедрения новых нормативных документов на федеральном и региональном уровнях строительная промышленность полностью перестроилась и перешла на новые технологии, и, таким образом, произошло преобразование рынка строительной индустрии. Энергосберегающий эффект по первичной энергии оценивается в 2002 г. около 14 тыс. ТДж и в денежном выражении около 28-30 млн долларов США за год

Контактный телефон (095) 4823710