



Московский  
Государственный  
Строительный Университет

**ISOVER**  
МИРОВОЙ СТАНДАРТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Изоляционное подразделение  
концерна SAINT-GOBAIN  
«Сен-Гобен Изовер», РОССИЯ

**ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:**

ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЖКХ

ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ

ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

---

# СБОРНИК ДОКЛАДОВ

---

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

## "ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕПЛО- И ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖКХ"



Ноябрь 2006  
Москва

## МОГУТ ЛИ СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ОБЕСПЕЧИТЬ ВЫСОКУЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ

*Ю. А. Матросов, к.т.н., зав.лаб. НИИ Строительной физики РААСН*

Повышение энергоэффективности строительного комплекса России является комплексной проблемой. Ее успешное решение рассматривается с позиций энергетической безопасности страны и с точки зрения охраны окружающей среды, рационального использования невозобновляемых природных ресурсов, а также уменьшения влияния «парникового эффекта» и сокращения выделений двуокиси углерода и других вредных веществ в атмосферу. Решение этой проблемы возможно путем сочетания работ, связанных с обеспечением энергетической эффективности в зданиях [1], и работ по обеспечению энергоэффективности в системах отопления, вентиляции и теплоснабжения зданий [2]. Такой подход соответствует и политики государства, поскольку в конечном счете государство заинтересовано в снижении траты первичных топливно-энергетических ресурсов – стратегической основы своего длительного существования.

На встрече глав восьми государств в Санкт-Петербурге в июле 2006 проблема энергетической безопасности стояла на первом месте. На этой встрече было признано, что «сбережение энергоресурсов равносильно их производству... Усилия по повышению энергоэффективности и энергосбережению чрезвычайно способствуют снижению энергоемкости экономического развития, укрепляя тем самым глобальную энергетическую безопасность. Повышение энергоэффективности и экономия энергии позволяют снизить нагрузку на инфраструктуру и способствуют оздоровлению окружающей среды за счет сокращения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ». Государства обязуются «наращивать усилия по установлению, насколько это возможно технически и оправдано экономически, максимально строгих стандартов энергоэффективности».

НИИ Строительной физики РААСН совместно с рядом организаций, с Госстроем РФ и с региональными органами исполнительной власти шаг за шагом разрабатывал, апробировал и внедрял новые подходы в нормировании зданий с эффективным использованием энергии. Первоначально в 1992 – 93 годах была разработана новая идеология нормирования зданий с энергетической точки зрения, затем были разработаны и утверждены в 1994 году первые территориальные нормы для г. Москвы. В 1995 г. в федеральные нормы по строительной теплотехнике были внесены принципиальные изменения, обеспечившие начиная с 2001 г. 40% снижение энергетических затрат на отопление. В 1996 г. НИИСФ впервые разработал совместно с рядом организаций и Госстрой РФ утвердил стандарт (ГОСТ 30494-96) по параметрам внутреннего микроклимата жилых и общественных зданий, обеспечивающий находящихся в здании людей комфортным микроклиматом.

В период с 1998 по 2003 год НИИСФ совместно с региональными специалистами разработали и внедрили в 50 регионов РФ территориальные строительные нормы по энергосбережению в зданиях. В том числе в 1998 – 99 гг. была разработана и утверждена новая редакция энергосберегающих норм для г. Москвы (МГСН 2.01-99). Новый федеральный СНиП 31-02-01 «Дома жилые многоквартирные», разработанный в 2001 г. также с участием НИИСФ, содержал в качестве альтернативы нормативное требование по удельному энергопотреблению для малоэтажных домов. В этот же период НИИСФ разработал утвержденный Госстроем РФ комплекс из трех стандартов по энергетическому аудиту эксплуатируемых зданий (ГОСТ 31166-03, ГОСТ 31167-03 и ГОСТ 31168-03). И, наконец, на основе полученного опыта в регионах РФ НИИСФ с участием ряда организаций разработал и Госстрой РФ утвердил в 2003 г. новый СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и соответствующий ему Свод правил СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», а также новый СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные» с разделом «Энергоэффективность». В результате создано новое поколение системы нормативных документов [1] по проектированию и эксплуатации зданий, обеспечивающий не менее 40% снижение энергозатрат на отопление. Это привело к необходимости строительства в России новых и реконструируемых зданий с повышенной в 2,5 – 3 раза теплозащитой. А комплекс стандартов и энергетические паспорта обеспечили энергоаудит и контроль соответствия этих зданий требованиям норм. Новые нормы гармонизированы с международным уровнем, и в частности, согласованы показатели энергоэффективности с требованиями законов (директив) Европейского Содружества (директивы 2002/91/ЕС и 93/76 SAVE). В связи с внедрением комплекса нормативных документов произошло коренное преобразование строительного комплекса на производство, продажу и использование энергоэффективных строительных материалов и изделий, изменение методов строительного проектирования и возведения зданий со сниженным потреблением энергии.

В таблице 1 представлена классификация зданий по энергетической эффективности согласно СНиП 23-02-2003. Эта классификация относится как к вновь возводимым и реконструируемым зданиям, проекты которых разработаны в соответствии с требованиями указанных выше норм, так и к эксплуатируемым зданиям, построенным по нормам до 1995 г.

Таблица 1.

Классификация зданий по энергетической эффективности			
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
<b>Для новых и реконструируемых зданий</b>			
<i>A</i>	Очень высокий	менее минус 51	Экономическое стимулирование
<i>B</i>	Высокий	От минус 10 до минус 50	то же
<i>C</i>	Нормальный	от плюс 5 до минус 9	-
<b>Для существующих зданий</b>			
<i>D</i>	Низкий	От плюс 6 до плюс 75	Желательна реконструкция здания
<i>E</i>	Очень низкий	более 76	Необходимо утепление здания в ближайшей перспективе

К классам *A*, *B* и *C* могут быть отнесены здания, проекты которых разработаны по новым нормам. В процессе реальной эксплуатации энергетическая эффективность таких зданий может отличаться от данных проекта в лучшую сторону (классы *A* и *B*) в пределах, указанных в таблице. В случае выявления класса *A* и *B* рекомендуется применение органами местного самоуправления или инвесторами мероприятий по экономическому стимулированию.

Классы *D* и *E* относятся к эксплуатируемым зданиям, возведенным по действующим в период строительства нормам. Класс *D* соответствует нормам до 1995 г. Эти классы дают информацию органам местного самоуправления или собственникам зданий о необходимости срочных или менее срочных мероприятий по улучшению энергетической эффективности. Так, например, для зданий, попавших в класс *E*, необходима срочная реконструкция с точки зрения энергетической эффективности.

Следует отметить, что в новых нормах предусмотрена возможность снижения нормируемого уровня удельного расхода тепловой энергии на отопление здания путем включения в задание на проектирование здания более высоких классов энергетической эффективности.

При теплотехническом проектировании тепловой защиты зданий в каждом конкретном случае последовательно решаются следующие задачи расчета:

1) определяют нормируемый уровень тепловой защиты для отдельных элементов ограждающих конструкций по нормируемой в СНиП 23-02-2003

потребности в тепловой энергии либо по нормируемым значениям сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;

2) рассчитывают сопротивления теплопередаче и пароизоляции для отдельных элементов ограждающих конструкций «на глади» (т.е. в теплотехнически однородной части ограждающих конструкций) с целью соблюдения уровня теплозащиты, определенного в 1;

3) рассчитывают приведенное сопротивление теплопередаче, сопоставляют результат с уровнем, определенным в 1, и вносят при необходимости изменений в проект ограждающей конструкции.

Кроме того, определяют воздухопроницаемость ограждающих конструкций и их пароизоляцию и сопоставляют с нормируемыми показателями.

На рис.1 представлена схема проектирования тепловой защиты по СНиП 23-02-2003. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций определяют в приведенной ниже последовательности:

- Выбирают наружные климатические параметры согласно СНиП 23-01 и рассчитывают градусо-сутки отопительного периода.
- Выбирают оптимальные параметры микроклимата внутри здания согласно назначению здания по ГОСТ 30494, СанПиН 2.1.2.1002 и ГОСТ 12.1.005. Устанавливают условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б.
- Разрабатывают объемно-планировочное решение здания, рассчитывают показатель компактности зданий  $K_e^{des}$  и сравнивают его с нормируемым значением. Если расчетное значение больше нормируемого, то рекомендуется изменить объемно-планировочное решение с целью достижения нормируемого значения.
- Выбирают способ соблюдения норм «а» или «б».

#### **По способу «а»**

Выбор теплозащитных свойств ограждающих конструкций по нормируемым значениям ее элементов выполняют в нижеприведенной последовательности:

- Определяют нормируемые значения сопротивлений теплопередаче  $R_o^{req}$  ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон и фонарей, наружных дверей и ворот) по градусо-суткам отопительного периода.
- Рассчитывают энергетические параметры для энергетического паспорта, однако величину удельного расхода тепловой энергии не контролируют.

### Схема проектирования тепловой защиты зданий по новому СНиП

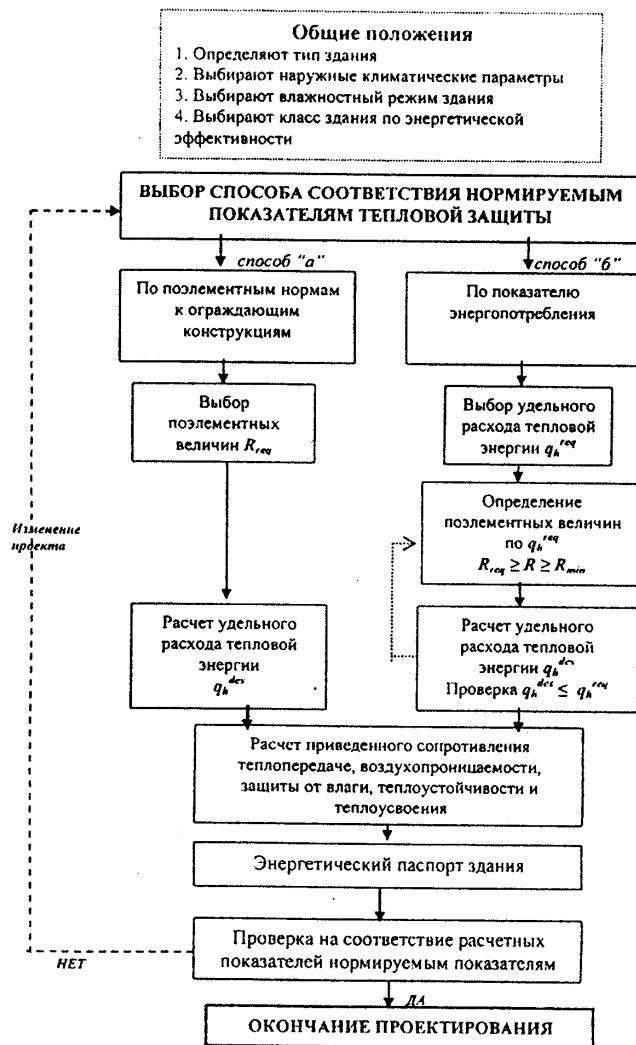


Рис.1.

*По способу «б»*

Выбор теплозащитных свойств ограждающих конструкций по нормируемому удельному расходу тепловой энергии на отопление здания выполняют в следующей последовательности:

- Определяют в качестве первого приближения поэлементные нормы по сопротивлению теплопередаче  $R_{req}$  ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон и фонарей, наружных дверей и ворот) в зависимости от градусо-суток отопительного периода.
- Рассчитывают требуемый воздухообмен согласно СНиП 2.08.01 и СНиП 2.08.02 и определяют бытовые тепловыделения.
- Назначают класс здания (*A*, *B* или *C*) по энергетической эффективности и в случае выбора класса *A* или *B* устанавливают процент снижения нормируемых удельных расходов в пределах нормируемых величин отклонений.
- Определяют нормируемое значение удельной потребности в тепловой энергии на отопление здания  $q_h^{req}$  в зависимости от класса здания, его типа и этажности и корректируют это значение в случае назначения класса *A* или *B* и подключения здания к децентрализованной системе теплоснабжения или стационарному электроотоплению.
- Рассчитывают удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период  $q_h^{des}$ , заполняют энергетический паспорт и сравнивают его с нормируемым значением  $q_h^{req}$ . Расчет заканчивают в случае, если расчетное значение не превышает нормируемое.

Если расчетное значение  $q_e^{des}$  меньше нормируемого значения  $q_e^{req}$ , то осуществляют перебор следующих вариантов с тем, чтобы расчетное значение не превышало нормируемое:

- понижением по сравнению с нормируемыми значениями уровня теплозащиты для отдельных ограждений здания, в первую очередь для стен;
- изменением объемно-планировочного решения здания (размеров, формы и компоновки из секций);
- выбором более эффективных систем теплоснабжения, отопления и вентиляции и способов их регулирования;
- комбинированием предыдущих вариантов.

В результате перебора вариантов определяют новые значения нормируемых сопротивлений теплопередаче  $R_o^{req}$  ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон, витражей и фонарей, наружных дверей и ворот), которые могут отличаться от выбранных в качестве первого приближения как в меньшую, так и в большую стороны. Это значение не должно быть ниже

нормируемых величин так называемого первого этапа из условия энергосбережения СНиП 1998 г., увеличенных на 10%.

После определения нормируемых значений по способу «а» либо «б» выполняют проектирование ограждающих конструкций. Рассчитывают приведенное сопротивление теплопередаче (принимая расчетные значения коэффициентов теплопроводности в условиях эксплуатации А или Б). Это сопротивление должно быть не ниже нормируемого значения. Проверяют на недопустимость выпадения конденсата в местах теплопроводных включений, на соблюдение норм по воздухопроницаемости и паропроницаемости и при необходимости теплоустойчивости, а также на теплоусвоение конструкций полов.

Энергопотребление на отопление зданий можно снизить за счет сочетания следующих мер:

- увеличения уровня теплоизоляции ограждающих конструкций, включая покрытия, чердачные перекрытия, стены и перекрытия первого этажа;
- применения энергоэффективных окон и балконных дверей, включающих стеклопакеты с заполнением малотеплопроводными газами и теплоотражающие покрытия стекол, теплоизолированные конструкции переплетов и рам;
- снижения воздухопроницаемости ограждающих конструкций зданий, и в том числе окон и дверей;
- организации контролируемого воздухообмена с учетом частичного его покрытия за счет воздухопроницаемости ограждающих конструкций;
- оптимальной ориентации зданий с целью пассивного использования солнечной энергии;
- использования энергетически эффективных систем отопления;
- использования возобновляемых источников энергии и тепловых насосов для частичного покрытия расходов энергии.

По данным В. И. Ливчака [3], начальника отдела энергоэффективности строительства Мосгосэкспертизы, отвечающего за энергоэффективность строительства, «все проекты вновь строящихся, реконструируемых или капитально ремонтируемых жилых и общественных зданий в г. Москве, а это более 1000 проектов в год, отвечают требованиям МГСН 2.01-99 и СНиП 23-02-2003». В таблице 2 по данным [3] приведены проектные показатели удельного расхода тепла на отопление жилых домов в г. Москве.



Таблица 2.

Удельные показатели годового расхода тепла на отопление жилых домов типовых серий г. Москвы на 1 м<sup>2</sup> площади квартир

№ п/п	Серия проекта	Этажность	Производственная база	Нормируемые в кВт·ч/(м <sup>2</sup> ·год)	Проектные в кВт·ч/(м <sup>2</sup> ·год)
1	П44Т	14 – 17	ДСК1	95	95 – 105
2	КОПЭ	22	ДСК2	95	80 – 85
3	ПЗМ	16 – 17	ДСК3	95	86 – 90
4	Пд4	12 – 16	ДСК4	95	92 – 98
5	П-46М	14	Аркадо	95	93 – 98
6	П-55М	14	МПСМ	95	88 – 92
7	111МО/17	17	МО	95	75 – 85
8	ПЗМ	9		95	98 – 103
9	П46М	9		105	104 – 109
10	П46М	5		120	117 – 122

Необходимо отметить, что при ранее существовавших невысоких уровнях теплозащиты трансмиссионные теплопотери составляли значительную долю от общих теплопотерь и поэтому другими теплопотерями практически можно было пренебрегать. На рис.2 представлена диаграмма теплового баланса 3-секционного 9-этажного здания серии 131 в г. Оренбурге, рассчитанного по СНиП 23-02 (левые столбцы, помеченные сплошной линией). На этом рисунке обозначено:  $Q_n^y$  – общий расход энергии,  $Q_t$  – трансмиссионные теплопотери,  $Q_v$  – теплопотери с воздухообменом,  $Q_i$  и  $Q_s$  – теплопоступления бытовые и от солнечной радиации. Очевидно, что теплопотери на нагрев приточного воздуха сопоставимы с трансмиссионными теплопотерями и суммарными теплопоступлениями в здание. Для сравнения на том же рисунке представлен тепловой баланс того же дома, но по нормам СНиП II-3-79 до 1995 г. (правые столбцы, помеченные пунктирной линией). Общий расход энергии и трансмиссионные теплопотери в этом случае почти в два раза превышают величины, рассчитанные по новым нормам, тогда как теплопотери с воздухообменом и теплопоступления бытовые и от солнечной радиации остались практически на прежнем уровне. Из этой диаграммы также видно, что основное снижение энергопотребления в нормах по отношению к 1995 г. было достигнуто за счет снижения трансмиссионных теплопотерь зданий. К такому же выводу пришли в Германии [4] и в других развитых странах, существенно повысивших уровень тепловой защиты зданий за последнее десятилетие (см. таблицу 4).

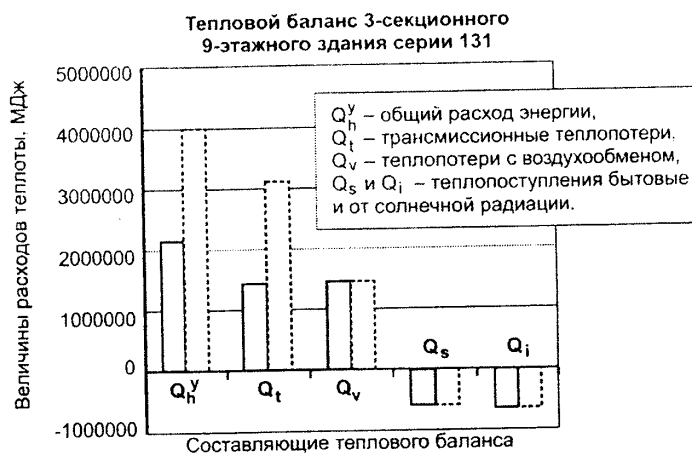


Рис. 2.

За период с 2002 по 2005 г. расчетный суммарный энергосберегающий эффект по топливу составил около 240 ПДж (примеч. – дольная приставка П «Пета» –  $10^{15}$ ), или 8,6 млн тун в угольном эквиваленте, что также привело к суммарному снижению выбросов парниковых газов в объеме 16,4 млн т. При росте фонда жилых зданий неизбежен рост энергетических затрат на их отопление. Своевременная разработка нового поколения энергосберегающих норм и введение их в действие затормозила этот рост. Годовые расходы по топливу, затраченному на выработку тепловой энергии в систему теплоснабжения к концу 2005 г., возросли только на 151 ПДж по сравнению с 252 ПДж, если бы не были введены эти нормы (см. рис. 3).

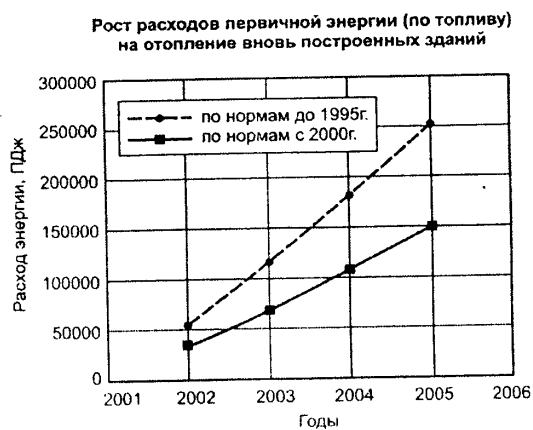


Рис.3.

Прогноз ожидаемого энергосбережения по топливу и снижение выбросов CO<sub>2</sub> в предположении ежегодного прироста на 12% объемов жилищного строительства в России [5] приведен в таблице 3. Ожидается, что в результате десятилетнего периода (2000 – 2010) действия нового поколения норм будет получен энергосберегающий эффект по топливу более 1,3 ЭДж (примеч. – дольная приставка Э «Экса» – 10<sup>18</sup>), или 47, 8 млн тут, что приведет к снижению выбросов CO<sub>2</sub> в объеме 90 млн тонн.

Таблица 3.

Прогнозируемое до 2010 года сбережение энергии и снижение выбросов CO<sub>2</sub> при ожидаемом приросте объемов жилищного строительства 12% ежегодно

	годы					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Планируемые объемы жилищного строительства, млн кв. м	46,5	50,8	56,3	63,1	70,6	80
Ежегодное энергосбережение от вновь возводимых и реконструируемых зданий, ПДж	28,7	33,3	36,8	41,3	46,2	52,3
Накопительный итог по топливу отношению к началу 2002 г., ПДж	240,9	375,2	546,3	758,6	1017,1	1327,9
Суммарное снижение CO <sub>2</sub> по отношению к началу 2002 г., (тыс. т.)	16385	25516	37151	51592	69174	90313

Основой создания энергоэффективных зданий являются три принципа:

- сначала выбирают геометрическую форму здания, обеспечивающую сниженные теплопотери;
- затем снижают потребность в энергии путем повышения уровня теплозащиты, в том числе снижая воздухопроницаемость;
- и, наконец, с помощью организованного притока обеспечивают необходимый воздухообмен, и покрывают остающуюся потребность в энергии наиболее эффективным способом, и, по возможности, используют возобновляемые источники энергии и тепловые насосы.

Общие требования к тепловой защите зданий заключаются в следующем. Ограждающие конструкции зданий должны обеспечивать нормируемое сопротивление теплопередаче с минимумом теплопроводных включений и герметичностью стыковых соединений в сочетании с надежной пароизоляцией, максимально сокращающей проникновение водяных паров внутрь ограждения и исключающей возможность накопления влаги в процессе эксплуатации. Ограждающие конструкции должны обладать необходимой прочностью, жесткостью, устойчивостью, долговечностью. С внутренней и наружной сторон они должны иметь защиту от внешних воздействий. Кроме того, они должны удовлетворять общим архитектурным, эксплуатационным, санитарно-гигиеническим требованиям.

Необходимый приток воздуха в помещения должен обеспечиваться через специальные регулируемые приточные отверстия в стенах, располагаемых либо в светопрозрачных конструкциях, либо в стенах, а также частично за счет воздухопроницаемости примыканий к стенам светопрозрачных конструкций. Вытяжка воздуха осуществляется за счет системы вентиляции.

В таблице 4 представлено сравнение нормируемых сопротивлений теплопередаче по основным ограждающим конструкциям зданий европейских стран и России. Очевидно, что нормируемые в России значения находятся в тех же диапазонах величин, что и страны Северной Европы.

Тепловая изоляция в сочетании с энергосберегающими окнами занимает ключевую позицию по повышению энергетической эффективности зданий и в конечном счете также ключевую позицию по снижению выбросов CO<sub>2</sub>, и легкие теплоизоляционные материалы могут полностью обеспечить высокие нормативные требования.

Таблица 4.  
Нормируемые сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций стран Европы

Страна	Нормируемое сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> ·°C/Вт			
	Покрытия	Стены	Полы по грунту	Окна
Швеция	5,0 – 10,0	5,0 – 10,0	5,0 – 10,0	0,67 – 1,0
Норвегия	5,0 – 10,0	3,3 – 5,0	5,0 – 10,0	0,67 – 1,0
Финляндия	5,0 – 10,0	3,3 – 5,0	3,3 – 5,0	0,5 – 0,67
Дания	5,0 – 10,0	3,3 – 5,0	5,0 – 10,0	0,4 – 0,67
Литва	5,0 – 10,0	3,3 – 5,0	3,3 – 5,0	0,4 – 0,67
Ирландия	5,0 – 10,0	3,3 – 5,0	3,3 – 5,0	0,4 – 0,67
Великобритания	5,0 – 10,0	2,5 – 3,3	3,3 – 5,0	0,4 – 0,67
Нидерланды	3,3 – 5,0	2,5 – 5,0	3,3 – 5,0	0,4 – 0,67
Австрия	3,3 – 5,0	2,5 – 3,3	2,0 – 2,5	0,67 – 1,0
Германия	3,3 – 5,0	1,67 – 2,0	2,0 – 2,5	0,67 – 1,0
Швейцария	2,5 – 3,3	2,5 – 3,3	1,67	0,67 – 1,0
Франция	3,3 – 5,0	2,0 – 2,5	2,5 – 3,3	0,4 – 0,67
Бельгия	2,0 – 2,5	1,67 – 2,0	1,67	0,4 – 0,67
Италия	2,5 – 3,3	2,0 – 2,5	2,0 – 2,5	0,29 – 0,4
Португалия	1,67	1,67	1,67	0,33 – 0,5
Испания	1,67	1,67	1,67	0,29 – 0,4
Россия	2,9 – 8,2	1,9 – 5,6	2,57 – 7,3	0,26 – 0,8

Структура использования основных видов легких теплоизоляционных материалов в 2005 г. и их основные теплотехнические характеристики представлены в табл. 5. Наибольшее распространение получили волокнистые материалы – каменная вата и стекловата. Общее их потребление оценивается в 15 – 16 млн м<sup>3</sup> в год. Россия в 2005 г. произвела около 8 млн м<sup>3</sup> каменной

ваты и около 3 млн м<sup>3</sup> стекловаты (в условном исчислении). Опыт последних 10 лет показал, что при применении этих и других не указанных в таблице материалов могут разрабатываться ограждающие конструкции, полностью удовлетворяющие требованиям указанных выше нормативных документов.

Таблица 5.

Легкие теплоизоляционные материалы

Материалы	Структура потребления, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Расчетный коэффициент теплопроводности (Б), Вт/(м·°С)
Каменная вата	45	25 – 250	0,045 – 0,084
Пенопласты	20	15 – 150	0,031 – 0,064
Стекловата	25	11 – 150	0,045 - 0,07
Полистиролбетоны	3	150 – 600	0,06 – 0,2

Рекомендации по выбору конструктивных решений ограждающих конструкций приведены в СП 23-101-2004.

Если при проектировании покрытий, чердачных и цокольных перекрытий трудностей в реализации новых нормативных требований не возникает, то новые требования при проектировании наружных стен достигаются за счет разработки качественно новых технических решений. С теплотехнической точки зрения условно различают два основных вида наружных стен по числу основных слоев: однослойные и многослойные. Причем возможность применения тех или иных конструкций ограничивается наибольшим количеством градусо-суток, при которых эта конструкция обеспечивает необходимый уровень теплозащиты и имеет разумную толщину.

В однослойных стенах применяют преимущественно легкие бетоны как в монолитном, так и штучном исполнении с защитой снаружи и внутри. Как показано в работе [6], такие стены при применении модифицированного полистиролбетона на низкотеплопроводном и низкосорбционноактивном композиционном вяжущем – МПСБ [7] применимы для зданий, строящихся в регионах, имеющих до 7500 – 8000 градусо-суток отопительного периода при толщине стены не более 350 – 400 мм. Основным преимуществом однослойных стен является их высокая теплотехническая однородность, а также ожидаемая долговечность не менее 100 лет. Недостатком – ограничение на применение по градусо-суткам отопительного периода.

Многослойные стены получили наибольшее распространение. Эти стены различают по расположению теплоизоляционного материала снаружи – двуслойные и внутри – трехслойные. Основное преимущество многослойных стен – применимость для зданий, строящихся в регионах без ограничений по градусо-суткам, однако трехслойные стены ограничиваются общей толщиной стены 350 – 450 мм с утеплителем толщиной 200 – 300 мм [8] и ремонтпригодностью. Двуслойные стены ремонтпригодны. Недостатком

многослойных стен является их низкая теплотехническая однородность из-за наличия теплопроводных включений. Другим ожидаемым недостатком является долговечность теплоизоляции не менее 30 лет, однако зарубежный опыт показывает, что этот срок долговечности может быть удвоен.

В настоящее время применяют в основном два варианта систем многослойных стен: вариант 1 – системы с наружным штукатурным слоем или с облицовкой кирпичом; вариант 2 – системы с воздушным вентилируемым зазором.

Вариант 1 основан на применении теплоизоляционных материалов, отвечающих специальным требованиям, толщиной до 150 мм (минераловатные плиты) и до 250 мм (пенополистирольные плиты), закрепляемых на стене дюбелями со стальными распорными элементами и гильзами из полиамида. Утеплитель от внешних атмосферных воздействий защищают базовым клеевым слоем, армированным стеклосеткой, и декоративным паропроницаемым слоем (штукатурка, окраска), а также защита кирпичом. Особенностью этого варианта является необходимость применения безопасных, долговечных и совместимых компонентов, исключающих частичное или полное растрескивание или обрушение теплоизоляционных слоев фасадов зданий.

Вариант 2 отличается от варианта 1 отсутствием ограничений на толщину применяемого утеплителя – минераловатных или стекловатных плит, также закрепляемых на стене дюбелями. Однако теплоизоляционный слой защищают фасадными плитами из различных материалов, устанавливаемых на крепящихся к стене легких конструкциях из металлических профилей (стальных, из алюминиевых сплавов и их комбинации). Эти металлические конструкции существенно влияют на теплотехническую однородность. Дополнительно утеплитель защищают паропроницаемой пленкой, устанавливаемой в заводских или построечных условиях. Для организации движения воздуха в прослойке предусматривают приточные и вытяжные отверстия. Кроме того, между фасадными плитами и утеплителем предусмотрен воздушный зазор толщиной не менее 60 мм. Для предотвращения распространения огня при пожаре каждые три этажа предусматривают перекрытие воздушного потока несгораемым материалом.

Теплозащитные свойства многослойной конструкции в большей степени зависят от установившейся влажности теплоизоляции, поэтому к выбору последовательности расположения теплоизоляционных и пароизоляционных слоев следует подходить с величайшей осторожностью. Вследствие разницы давлений водяного пара через ограждающую конструкцию происходит диффузия водяного пара в наружную сторону. Поэтому задача при проектировании многослойных ограждающих конструкций состоит в ослаблении диффузии водяного пара во внутренние слои стены и отводе 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.

В заключение следует отметить, что

- разработка и введение в действие нового поколения системы нормативных документов по проектированию и эксплуатации зданий с пониженным на 40% расходом энергии содействует обеспечению энергетической безопасности страны и соответствует политике государства в этом направлении;
- новые нормы обеспечили проектирование зданий с эффективным использованием энергии, а система стандартов обеспечила контроль нормируемых теплотехнических и энергетических параметров при эксплуатации здания;
- новые нормы дали возможность достижения нормируемых показателей за счет повышения качества проектирования и более широких возможностей в выборе архитектурных форм, технических решений и способов их реализации;
- опыт массового строительства в Москве и в других регионах РФ показал, что современные строительные материалы и изделия обеспечивают создание зданий нормальной и повышенной энергетической эффективностью;
- новое поколение норм и стандартов стимулировало отечественную промышленность на выпуск новых прогрессивных строительных материалов и изделий на уровне мировых стандартов и, в частности, на увеличение производства высококачественных эффективных теплоизоляционных материалов, энергосберегающих ограждающих конструкций и новых типов энергоэффективных окон, а также способствовала строительному буму, увеличила занятость населения, приводит к существенному энергосбережению, повышает тепловой комфорт в помещениях зданий и снижает зависимость внутренней среды зданий от аварийных и экстремальных ситуаций.

#### Литература

1. *Матросов Ю.А.* Новое поколение норм и стандартов теплозащиты зданий обеспечивает переход к энергоэффективному строительству. БСТ № 7, 2004. См. также «Жилищное строительство», № 6, 2004.
2. *Дмитриев А.Н.* Перспективы проектирования и строительства зданий с низким уровнем энергопотребления. «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», №4, 2005.
3. *Ливчак В.И.* Стремление к унификации не должно приводить к абсурду. «Строительный эксперт», №14, 2006.

4. *Гертис К.* Энергосбережение – мотивация создания архитектурных и конструкторских решений. Ж-л «ACADEMIA архитектура и строительство», №2, 2003.
5. Приоритетный Национальный проект «Доступное и комфортное жилье гражданам России». Выступление В. Яковлева на заседании Правительства РФ 12 октября 2005.
6. *Матросов Ю.А., Ярмаковский В.Н.* Энергетическая эффективность зданий при комплексном использовании модифицированных легких бетонов. «Строительные материалы», №1, 2006.
7. *Чиненков Ю.В., Ярмаковский В.Н.* Модифицированные полистиролбетоны в ограждающих конструкциях зданий и инженерных сооружениях. «Строительные материалы», №2, 2004.
8. *Матросов Ю.А.* Энергетическая эффективность зданий: что новенького? «Строительство», №11, 2005.