

# СТРОИТЕЛЬСТВО

ЖИЛИЩНОЕ

ПРОБЛЕМЫ  
ИПОТЕЧНОГО  
КРЕДИТОВАНИЯ

"ДОМ  
РАЗУМНЫЙ"

НАШЕ  
НАСЛЕДИЕ

1/1999

ISSN 0044-4472



Ю.П.МАТРОСОВ, инженер, И.Н.БУТОВСКИЙ, кандидат технических наук, НИИСФ/ЦЭНЭФ

## Стратегия по нормированию теплозащиты зданий с эффективным использованием энергии

В последнее время в журналах строительного профиля начинают появляться публикации, развивающие разработанные НИИСФ совместно с ЦЭНЭФ и НРДС новые подходы по нормированию теплозащиты зданий. Эти подходы, впервые реализованные в 1997 г. в виде проекта типовых Территориальных Строительных Норм (ТСН) по теплозащите зданий, опубликованы нами ранее в труднодоступных для широкой научно-технической общественности изданиях. Восполняя этот пробел, предлагаем программную статью о существе этого принципиально нового подхода, разработанного в полном соответствии с требованиями СНиП 10-01-94\* и реализованного в типовых Территориальных Строительных Нормах (ТСН) по теплозащите зданий для регионов РФ, в ТСН 301-23-98 ЯО Ярославской области, в проекте нового московского МГСН 2.01-98 и проекте федерального СНиП по теплозащите зданий.

**Ж**илой фонд зданий в России с точки зрения энергоиспользования является весьма неэффективным. Проводимая в прошлые годы политика "дешевых" энергоносителей привела к строительству зданий с невысоким уровнем теплозащиты, а отсутствие средств регулирования и учета расхода тепловой энергии, горячей и холодной воды и природного газа создавало условия для их расточительного потребления. Завышенному потреблению тепловой энергии способствовали также низкая эффективность автономных теплогенераторов, большие теплопотери в тепловых сетях при централизованном теплоснабжении, отсутствие оперативного управления параметрами теплоносителя и прочее. Удельные теплопотери в жилых зданиях имели тенденцию к росту в среднем с 200 Гкал на 1 тыс.м<sup>2</sup> в 1975 г. до 225 Гкал на 1 тыс.м<sup>2</sup> в 1990 г.

Введенные в 1995 г. изменения в СНиП "Строительная теплотехника", а также утвержденные Правительством Москвы в 1994 г. Московские городские строительные нормы МГСН 2.01-94 "Энергосбережение в зданиях" уже привели к созданию новых и реконструируемых зданий с эффективным использованием энергии [1]. Однако в этих документах еще не могли найти отражение требования федерального закона "Об энер-

госбережении", принятого в 1996 г. (№ 28-ФЗ от 03.04.96), Федеральной целевой программы "Энергосбережение России", принятой Постановлением Правительства РФ № 80 от 24.01.98 г., и постановления Правительства РФ № 1087 1995 г. "О неотложных мерах по энергосбережению" относительно показателей энергоэффективности в рамках проводимой Правительством РФ реформы жилищно-коммунального хозяйства.

Известно, что Госстрой РФ также поддерживает энергосберегающую политику (Постановлениями № 18-14 от 6.06.97 г. "Об экономии энергоресурсов при проектировании и строительстве" и № 18-11 от 2.02.98 г. "О теплозащите строящихся зданий и сооружений"). По заданию Госстроя РФ НИИСФ РААСН уже разработал Свод правил "Проектирование теплозащиты зданий". В этом документе нашли отражения те вопросы, которые вызывают наибольшие затруднения при проектировании в свете изменений № 3 и № 4 СНиП II-3-79\*.

Для подготовки проектировщиков к новым принципам проектирования теплозащиты в Своде правил приведены энергетические параметры здания и методы их расчета. Кроме того, в настоящее время в Госстрое РФ уже принято решение о разработке норм по теплозащите зданий на основе потребительского подхода к строи-

тельному проектированию в соответствии с требованиями СНиП 10-01-94\*. Такое же решение приняло и московское правительство: по его заданию на той же принципиально новой основе разработан проект норм МГСН 2.01-98 "Энергосбережение в зданиях".

### Постановка задачи

В качестве главного потребительского требования с общегосударственной (или региональной) точки зрения предлагается установить нормативы по удельному расходу энергии на отопление зданий за отопительный период в местах первичного потребления топливных ресурсов (например, по расходу газа в котельных или мазута на ТЭЦ). Таким образом, при нахождении уровня теплозащиты рассматривается вся цепочка: первичное преобразование топлива в тепловую энергию, теплопотери при транспортировке теплоты потребителю и преобразование ее в низко потенциальные параметры в тепловых пунктах и эффективность систем отопления.

С другой стороны, в здании должны обеспечиваться **комфортные условия** пребывания в нем людей, что также является потребительским требованием. Таким образом, создание комфортных условий в здании при заданных расходах энергии на их поддержание и составляет главную задачу с точки зрения потребителя (государства и пользователя). И, наконец, санитарно-гигиенический аспект теплотехнического проектирования приводит к требованию о недопустимости образования конденсата на внутренних поверхностях ограждающих конструкций.

Такой подход (потребительский) предусмотрен СНиП 10-01-94\*; он в различных вариантах успешно апробирован за рубежом: в США, Канаде [2,3], Дании [4], Объединенной Европе [5] и дал положительный результат. Основное преимущество заключается в достижении явного энергосберегающего эффекта как для государства в целом, так и для отдельного региона.

### Критерии по энергетической эффективности

В основу выбора критериев для зданий с эффективным использованием энергии заложен принцип удовлетворения **главных потребительских требований**, которым должно отвечать построенное здание [6]. Та-

ких нормативных требований установлено три:

- предельный уровень удельного энергопотребления на отопление системой теплоснабжения здания за отопительный период;

- требования по комфорту в помещениях здания;

- условия невыпадения конденсата на внутренних поверхностях ограждений.

Рассмотрим эти требования более подробно.

**Первое требование устанавливает предельное значение удельного энергопотребления на отопление системой теплоснабжения здания в течение отопительного периода [7].** Этот показатель определяется с учетом эффективности системы теплоснабжения в целом как количество энергии на отопление, подводимое в течение отопительного периода от первичного источника энергии (топлива) к потребителю теплоты, приходящееся на 1 м<sup>2</sup> общей отапливаемой площади здания (или на 1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема) по отношению градусо-суток отопительного периода. Требуемый уровень удельного энергопотребления  $q_e^{req}$  устанавливается на основе энергетической ситуации в стране или регионе исходя из баланса энергозатрат по секторам хозяйственной деятельности. При этом норматив  $q_e^{req}$ , по нашему мнению, не может быть больше величины, вычисляемой на базе позлементных требований второго этапа внедрения СНиП II-3-79\* (изд. 1998 г.) при условии подключения зданий к централизованной системе теплоснабжения. В результате определяется энергетическая эффективность **всего комплекса теплообеспечения здания, включая его теплозащиту и систему его теплоснабжения.**

Проектный удельный расход тепловой энергии системой теплоснабжения на отопление здания  $q_e^{des}$  в течение отопительного периода должен быть меньше или равен требуемому значению  $q_e^{req}$  и определяется путем выбора теплозащитных свойств оболочки здания и типа, эффективности и метода регулирования используемой системы теплоснабжения и отопления

$$q_e^{req} \geq q_e^{des} = q_h^{des} / \eta_o^{des}, \quad (1)$$

где  $q_e^{req}$  — требуемый удельный (на 1 м<sup>2</sup> полезной площади или на 1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема) расход тепловой энергии системой теплоснабжения на отопление здания, Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут.); [Вт·ч/(м<sup>3</sup>·°С·сут.)];

$q_e^{des}$  — расчетный удельный расход тепловой энергии системой теплоснабжения на отопление здания, Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут.); [Вт·ч/(м<sup>3</sup>·°С·сут.)];

$q_h^{des}$  — расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания, Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут.); [Вт·ч/(м<sup>3</sup>·°С·сут.)];

$\eta_o^{des}$  — расчетный коэффициент энергетической эффективности системы теплоснабжения здания.

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания  $q_h^{des}$  не должен превышать вычисляемый требуемый удельный расход  $q_h^{req}$  по формуле

$$q_h^{des} \leq q_h^{req} = q_o^{req} \eta_o^{des}, \quad (2)$$

где  $q_h^{req}$  — вычисляемый требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания, Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут.); [Вт·ч/(м<sup>3</sup>·°С·сут.)], с учетом автоматического регулирования системы и непроизводительных теплопотерь в здании.

При проектировании здания конечный результат получают путем варьирования теплозащиты здания, объемно-планировочных решений здания и выбора тех или иных систем теплоснабжения и способов регулирования. Очевидно, что требуемая энергоэффективность может быть достигнута за счет баланса уровня теплозащиты, объемно-планировочных решений и эффективности системы теплоснабжения.

П р и м е р. Предположим, что требуемый удельный расход тепловой энергии системой теплоснабжения  $q_e^{req}$  может быть 60 Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут.). Если проектируемое многоэтажное здание подключить к системе централизованного теплоснабжения, то коэффициент эффективности  $\eta_o^{des}$  может быть 0,55. В этом случае удельное потребление тепловой энергии зданием должно быть  $q_h^{des} = 33$  Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут.), т.е. теплозащита, включая влияние объемно-планировочного решения и воздухообмена, должна обеспечить это энергопотребление. Если же подключить это же здание к модульной газовой крышной котельной при  $\eta_o^{des} = 0,85$ , то получим  $q_h^{des} = 51$  Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут.), т.е. в этом случае возможно запроектировать существенно меньшую теплозащиту с достижением такого же энергосберегающего эффекта, как и в первом случае.

Процесс проектирования здания включает следующие этапы:

1 — определяется климатический район строительства и выбираются требуемые климатические параметры согласно СНиП 2.01.01-82;

2 — выбираются параметры воздуха внутри здания и условия комфорта согласно назначению здания;

3 — разрабатывается объемно-планировочное решение и рассчитываются его характеристики;

4 — выбирается система теплоснабжения, определяется ее коэффициент эффективности  $\eta_o^{des}$ ;

5 — определяется нормативное требование: удельный расход тепловой энергии системой теплоснабжения  $q_e^{req}$  по типу здания и его этажности согласно табл.4;

6 — рассчитывается нормативное требование — удельный расход тепловой энергии на отопление здания  $q_h^{req}$  по формуле (2);

7 — назначается первый вариант уровня теплозащиты ограждающих конструкций исходя из минимальных требований по условиям комфорта ( $R_o^{\min}$  по известной формуле (1) СНиП II-3-79\*, изд. 1998 г.) и недопустимости образования конденсата, т.е. рассчитывается сопротивление теплопередаче стен, покрытий (чердачных перекрытий), цокольных перекрытий, окон и фонарей согласно этим минимальным требованиям;

8 — назначается требуемый воздухообмен согласно СНиП 2.08.01-89\* и СНиП 2.08.02-89\* и другим нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

9 — рассчитывается удельное энергопотребление здания  $q_h^{des}$  и сравнивается с требуемым значением  $q_h^{req}$  согласно п.6. Расчет заканчиваются в случае, если расчетное значение меньше или равно требуемому;

10 — если расчетное значение больше требуемого, осуществляется перебор вариантов до достижения предыдущего условия. При этом возможны четыре варианта:

а) изменение объемно-планировочного решения здания (размеров и формы);

б) повышение уровня теплозащиты для отдельных ограждений здания;

в) выбор более эффективных систем отопления, вентиляции и теплоснабжения и пересчет требуемого значения  $q_h^{req}$  согласно п.6;

г) комбинирование вариантов б и в с использованием принципа взаимозаменяемости;

11 — проверяют принятые конструктивные решения наружных ограждений на удовлетворение требований СНиП II-3-79\* (изд. 1998 г.) по теплостойчивости, воздухопроницаемости и паропроницаемости, обеспечивая, при необходимости, конструктивными

Таблица 1

Категория	Характеристика зданий	Уровень удельного расхода энергии, $q_e$ , Вт·ч/(м <sup>2</sup> ·°С·сут.)
I	Здания по СНиП II-3-79** (Изд. 1986 г.)	150–100
II	Новые здания по 1 этапу внедрения СНиП II-3-79* (изд. 1998 г.) (сегодня)	95–65
III	Энергоэффективные здания по 2 этапу внедрения СНиП II-3-79* и (Изд. 1998 г.) (с 01.2000 г.)	80–50
IV	Энергоэффективные здания будущего	40–35

изменениями выполнение этих требований.

В табл.1 приведена классификация жилых зданий по степени энергетической эффективности — по удельному энергопотреблению  $q_e$  системой теплоснабжения здания. Данные в таблице базируются на результатах исследований авторов [8]. В табл.2 приведена аналогичная классификация зданий Германии [9].

Как видно из табл.1, здания, построенные в соответствии с первыми этапами внедрения СНиП II-3-79\* и МГСН 2.01-94, уже являются зданиями с эффективным использованием энергии, а в соответствии со вторым этапом внедрения — обеспе-

чены теплоснабжения не учитывается, что значительно снижает возможности этого подхода.

**Вторым** стандартизованным показателем потребительского подхода является нормируемый перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции  $\Delta t^n$ , который отражает условия температурного комфорта в помещении.

Известно, что условия комфорта обуславливаются температурной обстановкой в помещении, характеризуемой как температурой внутреннего воздуха, так и радиационной температурой, формируемой температура-

Таблица 2

Категория	Характеристика зданий	Уровень удельного расхода энергии, $q_e$ , Вт·ч/(м <sup>2</sup> ·°С·сут.)
I	Старые здания	126–95
II	Новые здания по стандартам Германии	63–47
III	Энергетически эффективные здания сегодня	25–16
IV	Энергоэффективные здания будущего	12,5–6,5

чат снижение энергопотребления на 20–25% по сравнению с первым этапом. Так, 17-этажное здание П44/17, возведенное в Москве в соответствии с 1 этапом внедрения МГСН 2.01-94, при подключении его к централизованной системе теплоснабжения с коэффициентом эффективности 0,5 будет иметь удельный расход тепловой энергии системой теплоснабжения 68 Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут.), а в соответствии со 2 этапом внедрения СНиП II-3-79\* — 53 Вт·ч/(м<sup>2</sup>·°С·сут.), что означает снижение энергопотребления на 22%.

Возможен и второй альтернативный вариант, когда норматив устанавливается по удельному расходу тепловой энергии на отопление зданий  $q_h^{red}$ . В этом случае эффективность

поверхностей всех ограждений помещения, а также асимметрией радиационной температуры на границе зоны обитания.

С целью стандартизации параметров микроклимата в жилых и об-

щественных зданиях авторами с участием Сантехпроекта и АБОК был разработан новый ГОСТ 30494–96 "Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях". Многочисленными расчетами было установлено [10], что принятые ранее  $\Delta t^n = 6^{\circ}\text{C}$  для стен не обеспечивает условия комфорта, а при  $\Delta t^n = 4^{\circ}\text{C}$  заданный комфорт обеспечивает.

Аналогичные исследования влияния на комфортные условия были проведены и для других видов наружных ограждающих конструкций. Следует отметить, что по величине этого показателя можно рассчитывать только минимально допустимый уровень теплозащиты элементов ограждающей оболочки здания. При практическом проектировании эти величины обычно не обеспечивают первого требования, и возникает необходимость в повышении теплозащиты отдельных элементов.

**Третьим** стандартизуемым показателем является известное условие о недопустимости выпадения конденсата на внутренних поверхностях непрозрачных ограждений, которое определяется требованием поддерживать температуру внутренней поверхности в любой точке ограждения не ниже температуры точки росы при расчетных условиях. Это условие существенно для теплотехнически неоднородных ограждающих конструкций, таких как трехслойные с бетонными шпонками, ребрами, а также из листовых материалов.

Предложенный (потребительский) подход имеет следующие преимущества:

- обеспечивает удовлетворение требованиям СНиП 10-01-94, регламентирующими современные подходы к разработке нормативных документов;

- устанавливает в качестве основного норматива удельное энергопотребление здания в целом;

- предусматривает достижение

Таблица 3

Показатель эффективности	Индивидуальные системы отопления	Котельная		
		при доме	квартальная	микрорайона
$\eta_b$	0,99	0,99	0,99	0,99
$\eta_{tr}$	0,94	0,94	0,94	0,94
$\eta_{boi}$	0,85	0,9	0,81	0,85
$\eta_{all}$	—	—	0,97	0,89
$\eta_{reg}$	—	0,67 (0,87)	0,67 (0,87)	0,67 (0,87)
$\eta_o^{des}$	0,79	0,56 (0,73)	0,49 (0,64)	0,47 (0,61)

Примечание. В скобках приведены значения  $\eta$ , условно учитывающие возможность усовершенствования систем теплоснабжения.

заданного энергопотребления комплексным проектированием здания не только за счет повышения теплозащиты ограждающих конструкций, но и за счет применения более эффективных систем отопления и способов их регулирования, а также за счет эффективности систем теплоснабжения;

• устанавливает простые правила и формы по проверке удовлетворения нормативным требованиям;

• позволяет осуществлять оперативный перебор вариантов снижения энергопотребления для выявления соответствия нормативным требованиям с помощью персонального компьютера;

• обеспечивает возможность более качественного проектирования.

К недостаткам этого подхода следует отнести:

• увеличение объема вычислений;  
• для достижения большей энергоэффективности необходима более высокая квалификация;

• здания в регионе могут иметь различия по уровню теплозащиты в зависимости от источников теплоснабжения.

Поэлементные требования являются традиционными — предлагаются их также сохранить для реализации постепенности перехода к новым принципам нормирования и для обеспечения требуемого результата при менее квалифицированном проектировании. Основной недостаток этого подхода в том, что жесткие поэлементные нормативы связывают руки проектировщику, не позволяя использовать для достижения требуемого результата возможности учета влияния объемно-планировочных решений, солнечной радиации и вариаций по ограждающим конструкциям. Он также не соответствует требованиям СНиП 10-01-94.

Что касается учета эффективности систем теплоснабжения, то в работе [11] рассмотрен один из вариантов ее определения. Энергетическая эффективность системы теплоснабжения здания  $\eta_o^{des}$  формируется показателями эффективности добычи  $\eta_b$ , транспортировки  $\eta_{tr}$ , сжигания  $\eta_{boi}$  топлива, распределения  $\eta_{all}$  и регулирования  $\eta_{reg}$  тепловой энергии

$$\eta_o^{des} = \eta_b \eta_{tr} \eta_{boi} \eta_{all} \eta_{reg}. \quad (3)$$

Численные значения этих показателей приведены в табл.3.

(Продолжение следует)



СОКОЛЬНИКИ культурно-выставочный центр

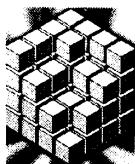
**7-я МЕЖДУНАРОДНАЯ  
СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА-ЯРМАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ, МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ,  
ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ,  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИНСТРУМЕНТА**

**СТРОЙТЕХ-99**

**26–30 апреля 1999 г.**

**Основные разделы выставки:**

- ❖ Архитектурные и градостроительные разработки, строительство жилых, административных и промышленных зданий; проектирование и строительство коттеджей, усадебных и садовых домов; садово-парковая архитектура.
- ❖ Реставрация и реконструкция; ремонтно-строительные работы, отделка интерьеров.
- ❖ Эффективные, экологически чистые строительные материалы и оборудование для их производства. Строительные материалы с использованием местного сырья. Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии производства материалов и изделий. Прогрессивные решения использования железобетонных изделий и конструкций.
- ❖ Строительные, дорожные и коммунальные машины, оборудование и инструменты, средства автоматизации и контроля.
- ❖ Строительные системы и конструкции и оборудование для их производства. Алюминиевые и стальные конструкции, быстровозводимые и мобильные здания; металлоконструкции мостов; окна, двери, витрины и т.д. из пластика, металла, дерева; изделия из профилированного металлического листа, металлические двери, ворота; лифты, строительные леса и лебедки, системы опалубки; деревянные конструкции; межкомнатные перегородки, лестницы, подоконники, ограждения, решетки и т.д.
- ❖ Инженерная и транспортная инфраструктура. Энергоресурсосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Методы строительства транспортных магистралей городов и пригородной зоны, дорожно-транспортная безопасность. Градостроительная экология.
- ❖ Специализированные издания для строительства и коммунального хозяйства.



Наш адрес: 107113, Москва,  
Сокольнический вал, 1, павильон 4.  
Телефон: (095) 268-7603, 268-6323  
Факс: (095) 268-0891

Информационная поддержка:

**Строительная  
газета**

**Строительные  
материалы**

ISSN 0044-4472

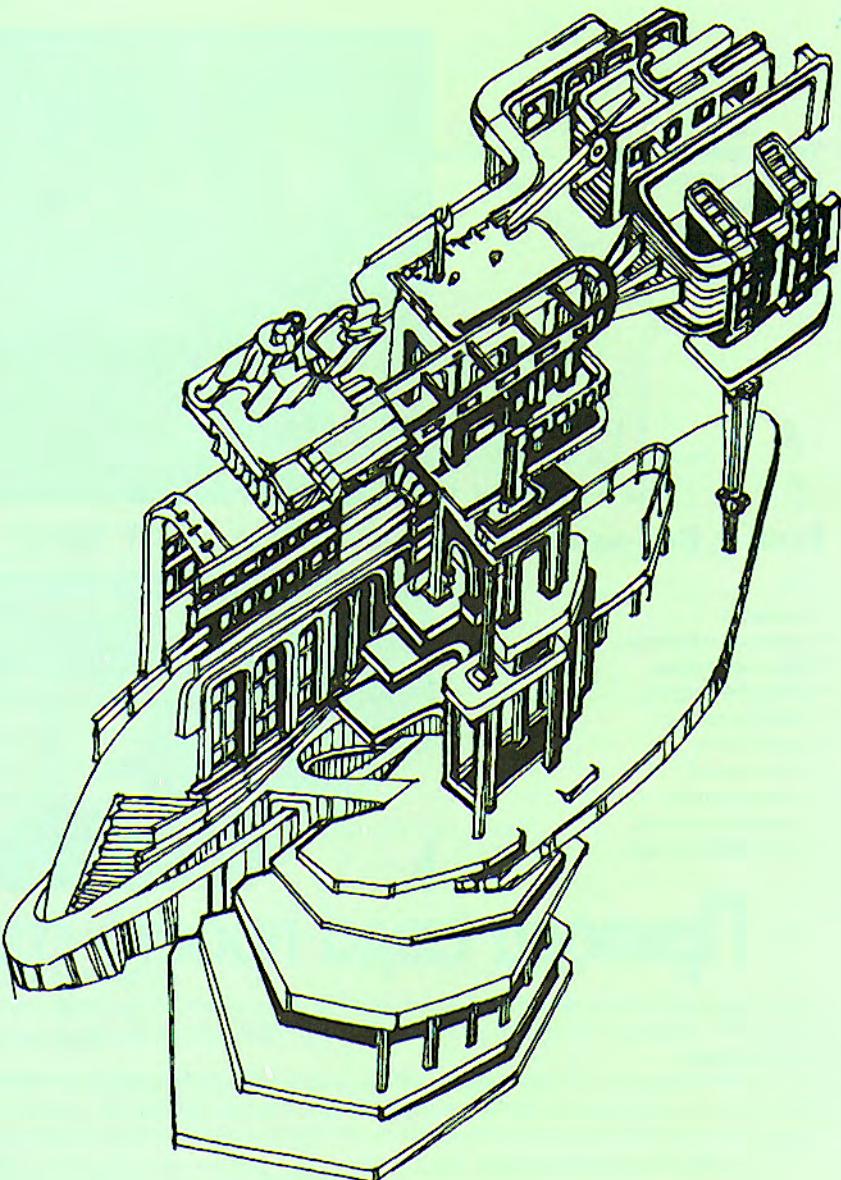
# СТРОИТЕЛЬСТВО

ЖИЛИЩНОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО:  
ИТОГИ И  
ПЕРСПЕКТИВЫ

О БИЗНЕС-  
ПЛАНИРОВАНИИ

АДАПТАЦИЯ  
ЖИЛИЩА И  
“ДИКТАТУРА”  
ПРОЖИВАНИЯ

2/1999



Фантазия на тему плавучего жилища

*Автор — архитектор Н.Э. Оселко*

## ЗА ЭКОНОМИЮ РЕСУРСОВ

Ю.А.МАТРОСОВ, И.Н.БУТОВСКИЙ, кандидаты технических наук,  
НИИСФ/ЦЭНЭФ

# Стратегия по нормированию теплозащиты зданий с эффективным использованием энергии\*

Существующая и разрабатываемая  
нормативная база.

В результате внесения в 1995 и 1998 гг. изменений в СНиП по строительной теплотехнике принятые по-элементные нормативы уже предъявляют высокие требования к теплозащите отдельных элементов ограждающих конструкций, обеспечивающие главное потребительское требование по снижению энергопотребления здания. Исходя из этого требования, в основу изменений были положены фиксированные величины удельных энергозатрат на отопление зданий в отопительный период, приходящихся на 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади (1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема) и одни градусо-сутки, которые регламентируют теплозащитные свойства отдельных элементов ограждающих конструкций оболочки зданий [12]. При проектировании соответствующих ограждающих конструкций их приведенное сопротивление теплопередаче должно быть не ниже требуемых значений, приведенных в табл. 1а и 1 б упомянутого СНиП соответственно для первого (с 1995 г.) и второго с 2000 г.) этапов внедрения.

Следует отметить, что утвержденные нормативные требования по сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций установлены едиными независимо от типов конструкций. Также необходимо отметить, что второй этап для малоэтажных зданий из штучных материалов и для всех реконструируемых зданийведен с 1 сентября 1995 г. Таким образом, законодательно стимулируется применение эффективных теплоизоляционных материалов, таких как минеральная вата, пенополиуретан и пенополистирол в многослойных ограждающих конструкциях.

Остановимся на вопросе, связанном с исключением в последней редакции СНиП II-3-79\* (1995 и 1998 гг.) нормирования уровня теплозащиты зданий на основе расчета экономически целесообразного сопротивления теплопередаче элементов наружных ограждений и с попытками некоторых специалистов реанимировать этот метод. Практика использования

этого подхода в течение десятилетий при проектировании зданий так и не позволила установить действительного народнохозяйственного эффекта от его применения.

Следующие причины сделали этот подход недееспособным:

математическая задача была решена только для однородного бесконечного слоя теплоизоляции в наруж-

ном ограждении, тогда как проектирование ограждающей оболочки здания связано с различного рода теплотехническими неоднородностями (оконными проемами, углами, связями между слоями), которые делают практически невозможным правильный выбор уровня теплозащиты по этому методу;

метод применяется только к отдельным элементам ограждений (стенам, окнам и др.) и не учитывает совокупность всех ограждающих конструкций, образующих оболочку здания;

зависимость приведенных затрат от переменной толщины теплоизоляционного слоя имеет очень пологую кривизну, поэтому поиск минимума функции для установления оптимальной толщины затруднен;

непредсказуемость изменения цен на топливо, теплоизоляционные материалы и их монтаж делает нереальным правильный выбор толщины теплоизоляции в мало-мальски долговременной (7–10 лет) перспективе;

Таблица 4

Наружные стены	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^r$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт для условий эксплуатации (по СНиП II-3-79*)	
	A	B
Из трехслойных железобетонных панелей с утеплителем из пенополистирола плотностью 40 кг/м <sup>3</sup> и гибкими металлическими связями ( $r = 0,7$ ) толщиной, мм:		
300	2,7	2,3
350	3,6	3,0
400	4,4	3,7
450	5,3	4,4
Из трехслойных железобетонных панелей с утеплителем из минераловатных плит плотностью 100 кг/м <sup>3</sup> и гибкими металлическими связями ( $r = 0,7$ ) толщиной, мм:		
300	1,9	1,7
350	2,5	2,2
400	3,1	2,7
450	3,7	3,2
Из трехслойных железобетонных панелей с утеплителем из пенополистирола плотностью 40 кг/м <sup>3</sup> и железобетонными шпонками ( $r = 0,6$ ) толщиной, мм:		
300	2,3	1,9
350	3,1	2,5
400	3,8	3,1
Из трехслойных железобетонных панелей с утеплителем из минераловатных плит плотностью 100 кг/м <sup>3</sup> и железобетонными шпонками ( $r = 0,6$ ) толщиной, мм:		
300	1,6	1,4
350	2,1	1,9
400	2,6	2,3
Из трехслойных панелей на деревянном каркасе с утеплителем из минераловатных прошивных матов плотностью 125 кг/м <sup>3</sup> и обшивками из водостойкой фанеры или твердых древесноволокнистых плит ( $r = 0,7$ ) толщиной, мм:		
150	2,3	2,0
200	3,3	2,5
250	3,4	3,0

\* Продолжение. Начало см. "Жилищное строительство", 1999, № 1.

Таблица 5

Типы зданий	Требуемый удельный расход тепловой энергии системой теплоснабжения здания $q_e^{req}$ , Вт·ч/(м <sup>2</sup> ·°С·сут)/(Вт·ч/(м <sup>3</sup> ·°С·сут))	
	Этажность	
	1–3	4 и более
Жилые и офисы	76/[27 (22)]	42/[15 (12)]
Общеобразовательные, лечебные учреждения, поликлиники	70/[20]	70/[20]
Дошкольные учреждения	90/[26]	—

При мечани е. Величины, приведенные в круглых скобках, относятся к офисам.

ливаемого объема) расход тепловой энергии системой теплоснабжения здания  $q_e^{req}$ , приходящийся на одни градусо-сутки отопительного периода. В зависимости от типа здания и его этажности разработаны нормативные значения этого показателя (табл. 5).

В качестве научного задела в 1996–1997 гг. НИИСФ совместно с ЦЭНЭФ и Советом по защите природных ресурсов (НРДС, США) разработали проект типовых Территориальных строительных норм (ТСН) по теплозащите зданий для регионов России [14]. Этот документ включает приведенные выше критерии по энергетической эффективности здания. Основная идея типовых ТСН заключается в обеспечении гарантированного уровня энергопотребления здания. Затруднения, связанные с повышением уровня теплозащиты отдельных видов наружных ограждений, могут быть устранены применением более эффективных систем теплоснабжения. Для реализации контроля качества при проектировании в ТСН приведена методика теплотехнического проектирования здания, форма энергетического паспорта и руководство по его заполнению [15].

Утвержденные в 1994 г. Московские городские нормы "Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепло-, водо- и электроснабжению" [16] уже привели в среднем к снижению энергопотребления на 20% во вновь построенных зданиях, что, соответственно, привело к экономии 0,3 ТВт·ч тепловой энергии. В денежном выражении эта экономия составляет около 18 млрд. руб. (3 млн. долл. США) из суммы затрат 3 трлн. руб. (500 млн. долл. США) за счет сокращения бюджетных дотаций

за тепловую энергию, а также снижения ежегодных выбросов двуокиси углерода в атмосферу Москвы на 56 тыс.т ежегодно.

При разработке в 1997–1998 гг. новых нормативов для Москвы по теплозащите и теплоснабжению зданий МГСН 2.01–98 исходили из условия обязательного удовлетворения потребительских требований пользователей. Это привело к разработке двух принципиальных положений новых норм — о повышении уровня теплового комфорта для обеспечения нормальной жизнедеятельности людей, находящихся в здании, и обеспечении снижения уровня энергопотребления в здании не менее чем на 20%.

В связи с этим при выборе уровня тепловой защиты зданий и сооружений по проекту МГСН 2.01–98 предложено руководствоваться двумя подходами: нормированием здания в целом как единой энергетической системы с учетом эффективности систем отопления; поэлементным нормированием различных видов ограждающих конструкций.

В табл. 6 приведены данные по требуемому удельному расходу тепловой энергии на отопление здания  $q_h^{req}$  согласно проекту МГСН по первому и второму этапам внедрения. В этом варианте занормировано удельное энергопотребление здания без учета эффективности системы теплоснабжения и градусо-суток. Нормативы установлены в соответствии с первым и вторым этапами внедрения повышенного уровня теплозащиты зданий, предусмотренными федеральным СНиП II–3–79\* (1998 г.). Однако величины сопротивлений теплопередаче стен при проектировании могут быть выбраны в пределах 2,6–

Таблица 6

Типы зданий	Требуемый удельный расход тепловой энергии системой отопления здания $q_h^{req}$ , (кВт·ч/м <sup>2</sup> )/(кВт·ч/м <sup>3</sup> ), за отопительный период			
	Этажность			
	1–3		4 и более	
	I этап	II этап	I этап	II этап
Жилые	240/84,5	190/67	105/47,5	105/37
Общеобразовательные, лечебные учреждения, поликлиники	215/62	175/50,5	215/62	175/50,5
Дошкольные учреждения	300/86,5	250/72	—	—

недавнее резкое снижение мировых цен на нефть, обесценивание рубля и невозможность создания устойчивых ценников на все виды строительной продукции доказывают это положение и делают невозможным практические расчеты;

метод не учитывает капитальные затраты на создание теплогенерирующих мощностей и стоимость транспортировки теплоты до здания, т.е. по существу не учитывает конечный народнохозяйственный эффект.

В практике реального проектирования этот метод не использовался вследствие многочисленных неопределенностей, заложенных в него. Расчет по этому методу больше напоминал искусство, чем инженерный расчет.

Несмотря на критику со стороны некоторых специалистов процесс внедрения изменений № 3 и № 4 СНиП II–3–79\* [11] идет успешно. В настоящее время уже 47 из 96 регионов страны перешли на энергоэффективные ограждения. Распространенным решением является повышение теплозащиты панелей при неизменной толщине стен (и существующего парка металлических форм) путем перехода предприятий крупнопанельного домостроения с однослойных панелей на трехслойные. При этом используется реальная возможность для проектировщиков уложиться в существующую градацию металлических форм: 300, 350, 400 и 450 мм. Приведенное сопротивление теплопередаче индустриальных стенных панелей (без оконных проемов) дано в табл. 4.

Одним из возможных направлений является переход на двухслойные индустриальные ограждения с наружной теплоизоляцией [12]. Распространенное в Москве решение — несущая или самонесущая бетонная или кирпичная стена, наружная теплоизоляция и облицовка (штукатурка, кирпич или плитки). В связи с этим происходит техническое перевооружение промышленности теплоизоляционных материалов. На ряде предприятий РФ используются прогрессивные технологии и оборудование зарубежных партнеров: по изготовлению минераловатных изделий — в г. Железнодорожный Московской области, Челябинске, Тюмени, по пенополистиролу — в Санкт-Петербурге, в г. Реж Свердловской области. Модернизированы технологические линии на Пермском, Самарском и Волгоградском заводах теплоизоляционных материалов. На семи российских предприятиях организован выпуск теплоизоляционных изделий на основе стекловолокна.

Для реализации описанного выше потребительского подхода НИИСФ РААСН и АВОК совместно с ЦЭНЭФ завершает подготовку новой редакции федерального СНиП по теплозащите зданий [13]. Новый СНиП регламентирует основной показатель отапливаемого здания — удельный (на 1 м<sup>2</sup> полезной площади и на 1 м<sup>3</sup> отап-

2,7 м<sup>2</sup>.°С/Вт за счет влияния повышенных сопротивлений теплопередач других элементов ограждений, за счет влияния объемно-планировочных решений и учета влияния солнечной радиации (и соответствующего регулирования систем отопления).

Нормами предусматривается, что проекты теплозащиты зданий должны содержать энергетический паспорт, который включается в раздел "Энергосбережение" проекта здания. Такой паспорт уже утвержден Московским правительством. Назначение энергетического паспорта — установить проектное значение уровня энергопотребления здания и его реальное значение в построенном здании. Внедрение энергетического паспорта в практику проектирования и строительства будет обеспечивать действие экономического механизма стимулирования энергосбережения (льготное налогообложение, кредитование, дотации и др.) и давать возможность для объективной оценки стоимости на рынке жилья.

В этом же разделе должны быть сформулированы основные энергосберегающие решения, заложенные при проектировании теплозащиты здания, теплового пункта, систем отопления, вентиляции, водоснабжения, освещения и электроснабжения.

Вторым примером являются Территориальные строительные нормы Ярославской области ТСН 301-23-98 ЯО "Теплозащита зданий жилищно-гражданского назначения", которые также разработаны с учетом положений, изложенных выше. Нормы введены в действие с 1 июня 1998 г. постановлением правительства Ярославской области с переходом на них строительства с 1 января 1999 г. [17].

Нормирование теплозащиты в целом, предусмотренное этими нормами, предполагает многовариантное проектирование с использованием компьютерной техники и предоставляет большие возможности в разработке проектов с лучшими технико-экономическими показателями.

Разработанные нормы содержат процедуру работы с ними, методику определения энергетических параметров зданий, требования по контролю качества теплозащиты зданий, методику расчета потребности тепловой энергии на отопление здания за отопительный период, методику определения эффективности систем теплоснабжения, требования к конструктивным и объемно-планировочным решениям зданий и к проекту теплозащиты здания в целом.

Территориальные строительные нормы Ярославской области по теплозащите зданий позволяют проектировать ограждающие конструкции из местных материалов с меньшим, чем по федеральным нормам, их расходом, обеспечивая в то же время снижение теплопотерь на 20%.

(Окончание следует)



**7-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ  
СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА-ЯРМАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ, МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ,  
ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ,  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИНСТРУМЕНТА**

**СТРОЙТЕХ-99**

**26–30 АПРЕЛЯ 1999 г.**

**Основные разделы выставки:**

- ❖ Архитектурные и градостроительные разработки, строительство жилых, административных и промышленных зданий; проектирование и строительство коттеджей, усадебных и садовых домов; садово-парковая архитектура.
- ❖ Реставрация и реконструкция; ремонтно-строительные работы, отделка интерьеров.
- ❖ Эффективные, экологически чистые строительные материалы и оборудование для их производства. Строительные материалы с использованием местного сырья. Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии производства материалов и изделий.
- ❖ Прогрессивные решения использования железобетонных изделий и конструкций.
- ❖ Строительные, дорожные и коммунальные машины, оборудование и инструменты, средства автоматизации и контроля.
- ❖ Строительные системы и конструкции и оборудование для их производства. Алюминиевые и стальные конструкции, быстровозводимые и мобильные здания; металлоконструкции мостов; окна, двери, витрины и т.д. из пластика, металла, дерева; изделия из профилированного металлического листа, металлические двери, ворота; лифты, строительные леса и лебедки, системы опалубки; деревянные конструкции; межкомнатные перегородки, лестницы, подоконники, ограждения, решетки и т.д.
- ❖ Инженерная и транспортная инфраструктура. Энергоресурсосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Методы строительства транспортных магистралей городов и пригородной зоны, дорожно-транспортная безопасность. Градостроительная экология. Специализированные издания для строительства и коммунального хозяйства.

**Приглашаем принять участие!**

*Наш адрес: 107113, Москва,  
Сокольнический вал, 1, павильон 4.  
Телефон: (095) 268-7603 268-6323, 268-7605  
Факс (095) 268-0891*

**Информационная поддержка:**

"Строительная газета" и журнал  
"Строительные материалы"

**Строительная  
газета**

**Строительные  
материалы**

ISSN 0044-4472

# СТРОИТЕЛЬСТВО

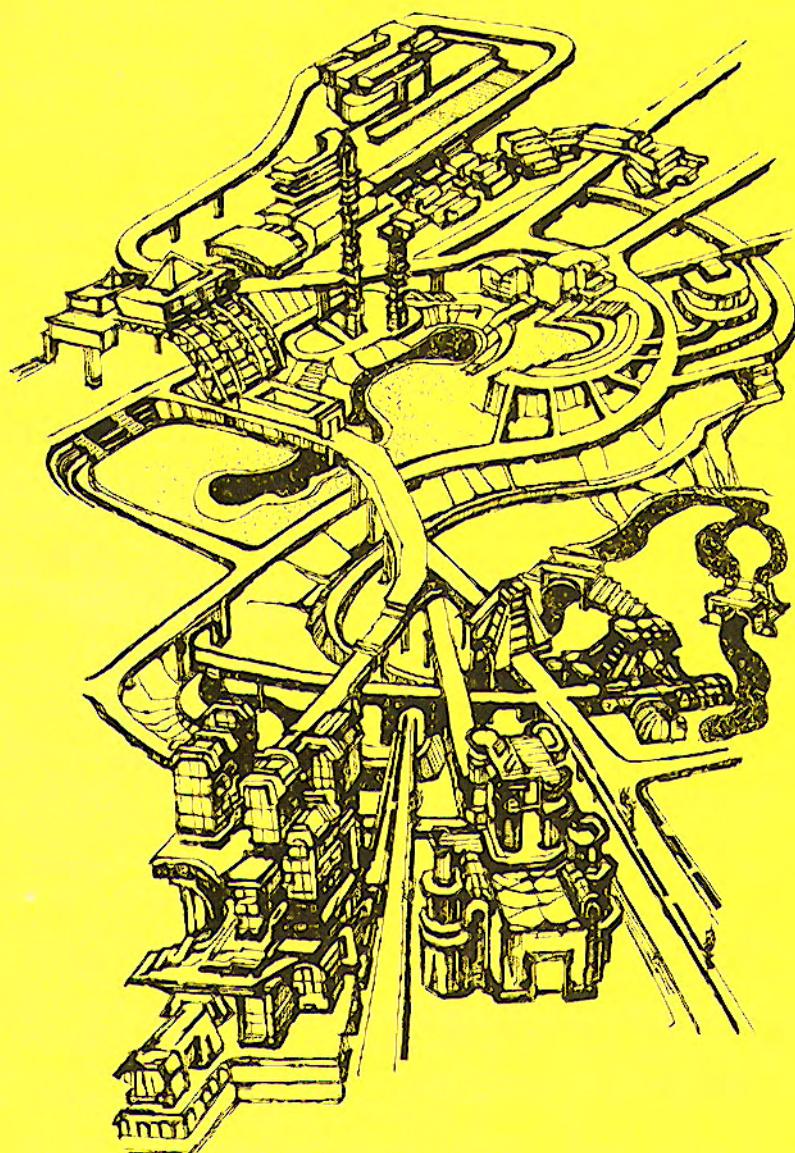
РЕЗЕРВЫ  
ИНДУСТРИАЛЬНОГО  
ДОМОСТРОЕНИЯ

"МОСКВА—  
ГЕОПОЛИС"

ЭКОНОМИЧНЫЕ  
И КОМФОРТНЫЕ  
ЖИЛЫЕ ДОМА

3/1999

# ЖИЛИЩНОЕ



Жилой комплекс

*Идея архитектора Н.Э. Оселько*

Ю.А.МАТРОСОВ, И.Н.БУТОВСКИЙ, кандидаты технических наук  
(НИИСФ/ЦЭМЭФ)

## **Стратегия по нормированию теплозащиты зданий с эффективным использованием энергии\***

### **Существующие и перспективные технические решения теплозащиты зданий**

Развитие нормативной базы невозможно без создания новых типов энергоэффективных термически однородных ограждающих конструкций зданий с повышенной теплозащитой. При этом основными направлениями при проектировании этих конструкций является оптимизация теплозащитных и теплоизационных свойств на основе преимущественного использования многослойных конструкций с малотеплопроводными теплоизационными материалами, разработка инженерных методов расчета приведенного сопротивления теплопередаче многокомпонентных непрозрачных ограждающих конструкций, обеспечивающих проектирование термически однородных конструкций.

Несмотря на то, что теплотехнические нормы содержат поэлементное нормирование, у проектировщика имеется довольно широкая возможность выбора проектных решений и тем самым воздействия на энергетические показатели. При этом выбираются проектные решения, обеспечивающие наименьшие значения энергетических показателей. На эти показатели влияют:

геометрия и размеры здания, размеры светопроемов, ориентация здания;

типы непрозрачных ограждающих конструкций (однослоиные, многослойные с эффективной теплоизоляцией, с вентилируемой прослойкой);

типы светопрозрачных ограждающих конструкций (вид и конструкция переплета, конструкция светопрозрачной части, вентилируемые межстекольные пространства, светопрозрачная теплоизоляция);

дополнительная подвижная теплоизоляция светопрозрачных конструкций в темное время;

воздействие на тепловую инерцию ограждающих конструкций;

воздействие на воздухопроницаемость ограждающих конструкций;

воздействие на термическую однородность ограждающих конструкций и узлов их сопряжений;

динамическая теплоизоляция; расположение отопительных приборов относительно ограждающих конструкций;

устройство специальных приточных отверстий для обеспечения необходимой кратности воздухообмена.

В отечественной и зарубежной практике используются разнообразные приемы повышения уровня теплозащиты зданий. Предлагается следующая схема классификации этих приемов (табл. 7).

Современные тенденции развития индустриальных ограждающих конструкций предусматривают возможность существенного повышения термического сопротивления конструкций наружных ограждений и увеличения термической однородности ограждений, конечным пределом которой является равенство приведен-

ного сопротивления теплопередаче ограждения и сопротивления теплопередаче по глади. Эта задача успешно решается применением таких эффективных теплоизоляционных материалов, как пенопласти и изделия из минеральных волокон, из которых наиболее широкое распространение получили пенополистирол, пенополиуретан, плиты из базальтовых и стеклянных волокон.

Применение гибких связей для соединения железобетонных слоев панели позволяет повысить термическую однородность по всей площади стены, включая зоны стыковых соединений, однако требует разработки специальных методов расчета. Дальнейшее повышение термической однородности возможно при создании в панельном стеновом ограждении непрерывного теплоизоляционного слоя, для чего используются заливочные пенопласти.

Разрабатывается технология изготовления трехслойных железобетонных панелей на гибких связях с незаполненным средним слоем (два железобетонных слоя, соединенных гибкими связями), который в последующем заполняется вспенивающимся под воздействием температуры или заливочным пенопластом. Заполнение внутренней полости трехслойных панелей заливочным пенопластом осуществляется на строительной площадке в процессе монтажа панелей, что позволяет создать непрерывный теплоизоляционный слой по всему полу ограждения.

Наиболее перспективным спосо-

Т а б л и ц а 7

Пути создания энергоэкономичных ограждающих конструкций	
Непрозрачные ограждения	Светопропускающие ограждения
Применение высокоэффективных теплоизоляционных материалов	Увеличение числа слоев остекления
Повышение термической однородности ограждений (стыки, теплопроводные включения)	Уменьшение площади остекления до нормативных требований по освещенности
Оптимизация толщин и размещения теплоизоляционных и теплоаккумулирующих слоев ограждения	Применение теплоограждающих, солнцезащитных (меняющих прозрачность под действием ультрафиолетовых лучей) стекол
Устройство в ограждении прослоек, вентилируемых удаляемым из помещения воздухом	Повышение теплозащитных качеств оконных переплетов (применение малотеплопроводных материалов, разрыв мостиков холода)
Остекление фасадов для утилизации тепла солнечной радиации	Снижение воздухопроницаемости примыканий элементов конструкций
Применение водонаполненных покрытий в южных районах	Повышение теплозащиты светопроемов в ночное время
Использование грунта в качестве ограждающих конструкций	Обеспечение снижения теплоступлений от солнечной радиации летом и повышения зимой
Приток воздуха через специальные отверстия	Удаление воздуха через межстекольное пространство Приток воздуха через специальные отверстия

\* Окончание. Начало см. "Жилищное строительство", 1999, № 1, 2.

бом повышения теплозащиты как вновь строящихся, так и реконструируемых зданий является наружная теплоизоляция стен [18].

Способ наружной теплоизоляции стен с оштукатуриванием плитного утеплителя по ряду преимуществ — относительно невысокой стоимости, простоты устройства, традиционности внешнего вида — получил наибольшее распространение. Способ состоит в приклеивании или механическом креплении к стенам теплоизоляционных плит (обычно из пенополистирола и минеральной ваты) и нанесении по ним полимерцементного покрытия или цементной штукатурки, армированных сетками из стекловолокна или стали.

Из наружных покрытий наибольшее применение получили полимерцементные, обладающие более высокой трещиностойкостью, а следовательно, долговечностью по сравнению с цементными штукатурками. Они водонепроницаемы, но паропроницаемы, что важно для поддержания нормального влажностного состояния стены.

Клеевое крепление пенополистирольных плит к стенам является более простым в исполнении по сравнению с механическим, но менее надежным при плохом качестве склеивания. Поэтому область применения этого крепления ограничивается стенами с ровной поверхностью без штукатурного покрытия. Клеящий состав наносят на поверхность плит пятнами и по контуру. Для повышения надежности крепления используют дюбели из нержавеющей стали или пластмассы, устанавливаемые с шагом 0,5–1 м, способные полностью воспринимать нагрузку от системы теплоизоляции.

Способ наружной теплоизоляции стен с облицовкой на основе состоит в креплении к стенам теплоизоляционного материала и устройстве защитно-декоративной облицовки на основе по заанкеренному в стену каркасу из деревянных реек или металлических профилей и анкеров.

Основным преимуществом конструкции является наличие естественно вентилируемого воздушного промежутка между слоем утеплителя и облицовкой, обеспечивающего вывод из конструкции конденсационной и построечной влаги и защиту теплоизоляционного материала от атмосферных осадков.

Воздушная прослойка улучшает теплоизоляционные качества стенной конструкции за счет экранирующего действия облицовки по отношению к лучистой составляющей теплового потока, проходящего через стену.

Перспективным способом наружной теплоизоляции стен, освоенным в России и за рубежом (Германия, Франция и др.), является нанесение на наружную поверхность теплоизо-

ляционного штукатурного покрытия. Достоинства способа заключаются в простоте и высокой скорости производства работ благодаря использованию современных средств механизации.

Теплоизоляционные растворы приготавливают сразу перед началом штукатурных работ путем затворения водой и перемешивания сухих теплоизоляционных смесей заводского изготовления. В состав смесей входит теплоизоляционный заполнитель, связующее, минеральные наполнители и добавки. Среди теплоизоляционных заполнителей наиболее эффективен заполнитель из гранул пенополистирола, хотя могут применяться и другие материалы: гранулы пеноэстекла, всученного перлита и т.д. Связующее — цемент, гипс и др.

Теплопотери за счет инфильтрации воздуха составляют существенную долю (в некоторых случаях до 40%) в балансе теплопотерь здания. В существующих зданиях при наличии естественной вентиляции основной приток осуществляется за счет воздухопроницаемости светопрозрачных конструкций. С внедрением в строительную практику светопрозрачных конструкций в пластмассовых переплетах, а также конструкций в деревянных переплетах с хорошим уплотнением их притворов воздухопроницаемость резко снизилась. Результаты наших сертификационных испытаний показали, что воздухопроницаемость притворов этих конструкций находится в пределах от 0,4 до 1 кг/(м<sup>2</sup>·ч) при разности давлений 10 Па, что значительно ниже нормативных требований (5–6 кг/(м<sup>2</sup>·ч), учитывающих прохождение воздуха через примыкания окон к непрозрачным ограждениям. В этом случае необходимо количества воздуха для требуемого теплообмена может поступать либо через примыкания оконных блоков к оконным откосам, либо через специально выполненные в ограждениях отверстия для приточного воздуха. Последние должны относиться к системе вентиляции и не учитываться при определении воздухопроницаемости светопрозрачных конструкций.

В связи с этим следует предусмотреть разделение нормативов по воздухопроницаемости собственно светопрозрачных конструкций и их примыканий к несветопрозрачным конструкциям.

\* \* \*

В заключение следует отметить, что авторы специально не затронули проблему повышения эффективности систем теплоснабжения, а только предложили учитывать их эффективность. Поскольку в существующих системах теплоснабжения в процессе преобразования первичного топлива и доставки произведенной теплоты потребителю (зданию) происходит до 45–55% потерь теплоты, очевиден

огромный потенциал энергосбережения в этой области.

## Список литературы

1. Матросов Ю., Бутовский И. Москва уже сегодня возводит здания с эффективной теплозащитой//АВОК, 1997, № 6. — С. 12–14.
2. National Energy Code of Canada for Buildings, Canada, 1997.
3. National Energy Code of Canada for Houses? Canada, 1997.
4. Building Regulations 1995, Denmark, 1995.
5. Thermal Performance of Buildings, EN832, 1998.
6. Матросов Ю., Гольдштейн Д. Региональные стандарты — путь к улучшению зданий в регионах России//Материалы V съезда АВОК. Москва, 14–18 октября 1996 г., с. 46–51.
7. Матросов Ю., Бутовский И., Гольдштейн Д. Региональное нормирование — стимул повышения энергоэффективности зданий//АВОК, 1997, № 5. — С. 24–29.
8. Матросов Ю., Бутовский И. Внедрение региональных норм по энергетической эффективности зданий в России создает перспективы для продвижения передовых технологий//Санкт-Петербург, Материалы VI съезда АВОК. 25–30 мая 1998 г., с. 54–69.
9. Gertis K. Realistische Betrachtung staff ideologisierter Wunsche Niedrigenergie — oder Niedrigentropiehäuser? Die andere Zeitung CCI 29 (1995), N. 4, s. 134–136.
10. Матросов Ю., Бутовский И. Помимо теплотехническое нормирование ограждающих конструкций зданий// "Жилищное строительство", 1995, № 12. — С. 6–10.
11. Шуксторис В., Шимайтис А., Киверис Р. Эффективность использования природного газа в централизованных и децентрализованных системах теплоснабжения. — Каunas, 1986.
12. Матросов Ю., Бутовский И., Тишенко В. Новые изменения в СНиП по строительной теплотехнике// "Жилищное строительство", 1995, № 10.
13. Матросов Ю., Бутовский И., Бродач М. Здания с эффективным использованием энергии (новый принцип нормирования//АВОК, 1996.
14. Матросов Ю., Гольдштейн Д. Проект нового стандарта "Энергетическая эффективность в зданиях" для регионов России//Бюллетең ЦЭНЭФ, № 13, октябрь–декабрь, 1996, с. 5–7.
15. Матросов Ю., Бутовский И., Гольдштейн Д. Энергетический паспорт здания//Бюллетең ЦЭНЭФ, апрель–июль, 1996.
16. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и теплоснабжению, МГСН 2.01. 94. — М., 1994.
17. Теплозащита зданий жилищно-гражданского назначения, ТСН 301–23–98–ЯО. — Ярославль, 1998.
18. Бутовский И., Матросов П. Наружная теплоизоляция — эффективное средство повышения теплозащиты зданий// "Жилищное строительство", 1996, № 9. — С. 7–10.