

# Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий

## Часть 2



В первой части статьи (см. журнал «АВОК», 2009, № 1) был рассмотрен метод минимума приведенных затрат, описана математическая модель условий окупаемости затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий и получено предельное значение для удельных единовременных затрат, при котором они окупаются.

Во второй части статьи рассматривается применение изложенной теории для решения некоторых задач экономического анализа повышения теплозащиты зданий.

**В. Г. Гагарин, доктор техн. наук, профессор**

### Сравнение предельных значений удельных единовременных затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий

Неравенство (13) выражает условие окупаемости единовременных затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций – удельное значение единовременных затрат должно быть меньше предельного значения, которое зависит (13) от ГСОП, стоимости тепловой энергии и учетной ставки по кредитам банка:

$$-\frac{\Delta K}{\Delta k} < 0,024 \times \text{ГСОП} \times C_T / p = \omega. \quad (13)$$

#### Сравнение значений ГСОП

Методики вычисления ГСОП в различных странах являются разными. Для возможности сравнения значений ГСОП для городов России и других стран вычисления были проведены для периода с температурой наружного воздуха менее или равной 8 °С и при значении  $t_b = 18$  °С (это несколько отличается от принятой в РФ методики). Расчеты проводи-

лись на основе данных СНиП «Строительная климатология» и других справочных изданий по климату различных стран мира. Результаты расчетов представлены на рис. 5.

Значения ГСОП для городов на большей части России существенно превосходят значения ГСОП для городов Западной Европы. Значения ГСОП столиц северных европейских стран Швеции и Норвегии практически равны значениям ГСОП на южных границах европейской части России. Значения ГСОП для городов на большей части России также существенно превосходят значения ГСОП для городов США и Канады, за исключением севера Канады и Аляски, где населения почти нет. Только на черноморском побережье нашей страны (Сочи) значения ГСОП соответствуют югу Западной Европы. На Дальнем Востоке нашей страны значения ГСОП существенно превосходят значения ГСОП для Японии и Китая.

#### Сравнение цен на тепловую энергию

Часто указывается, что цены на тепловую энергию в России значительно ниже мировых и эти цены должны подниматься до этого уровня. Вопрос сопоставления цен на тепловую энергию чрезвычайно сложный. Прежде всего, сле-



дует отметить, что понятие «мировая цена тепловой энергии» не определено и, в общем-то, бессмысленно.

Цены на тепловую энергию зависят не только от страны, но и от региона, вида энергоносителя, используемого для производства тепловой энергии, вида теплоснабжения, типа отопления, отопительных приборов и т. д. В наибольшей степени цена тепловой энергии зависит, по-видимому, от цен на энергоносители. Однако и «внутренние цены одного и того же энергоносителя в разных странах различаются в 3 раза и более» [9]. Россия является страной-экспортером энергоносителей, поэтому компании-производители, при отсутствии административного регулирования цен государством, могут отпускать энергоносители внутренним потребителям по цене равной «мировой» за минусом экспортных пошлин и цены транспортных расходов. При этом под «мировой» понимается цена продажи энергоносителей на границе какой-либо страны-импортера [10].

Внутренняя цена энергоносителей в странах-импортерах складывается из «мировой» цены и внутренних налогов, т. е. цена приобретения энергоносителей в таких странах выше мировой. Поскольку налоги в разных странах различны, то цены приобретения энергоносителей в России следует сравнивать только с ценами конкретной страны. Другая особенность заключается в том, что в условиях рыночной экономики адекватным является сравнение не по валютному курсу, а по паритету покупательной способности (ППС). Обзор цен на тепловую энергию в западных странах выполнен в [11]. Исходя из изложенного, представляется целесообразным принять для расчетов цену тепловой энергии в Западной Европе равной 5 центам за 1 кВт·ч, основываясь на данных, приведенных в [11], хотя в настоящее время это значение является заниженным.

Цена тепловой энергии в России также зависит от региона и от источника энергоснабжения. Имеются различные прогнозы изменения этой цены. Динамика изменения средней отпускной цены тепловой энергии по отчетам РАО «ЕЭС России» до 2008 года (представленным в Интернете) приведена на рис. 6. В предыдущих работах [2, 3 и др.] для расчетов была принята средняя цена тепловой энергии в России, равная 2 центам за 1 кВт·ч, к началу 2008 года она не была достигнута. Эта цена принята в последующих расчетах. Хотя в последний год это значение, возможно, выросло.

#### **Сравнение процентных ставок по кредитам банков**

Вероятно, правильнее всего для рассматриваемой цели взять фиксированную процентную ставку по долгосрочным кредитам. Однако для России такая ставка если и существует, то она велика в связи с неустойчивой экономикой. Поэтому представляется целесообразным использовать ставку рефинансирования центрального банка, увеличенную на поправку на риск. По этой ставке центральный банк кредитует коммер-

## ИДЕАЛЬНАЯ КОМБИНАЦИЯ: Etanorm PumpDrive.

Заказчики во всем мире доверяют качеству наших насосов, арматуры и системных решений. Комплексные решения от одного производителя обеспечивают высокий КПД и гарантируют безопасность производственного процесса: например, насос с регулированием частоты вращения. Комбинация насоса и частотного преобразователя – наш бестселлер Etanorm PumpDrive, – отлично зарекомендовавший себя в различных областях применения, обеспечивает соответствующий потребности и энергосберегающий режим работы насоса. Большая производительность с меньшими затратами. Простая и беспроблемная установка или интеграция в действующие сети. Etanorm PumpDrive – идеальная комбинация.

**ООО «КСБ»** • Москва, 123557, ул. Пресненский Вал, д. 27, стр. 12А. Тел.: (495) 980-1176, факс: (495) 980-1169

**Санкт-Петербург** • 197101, ул. Чапаева, д. 15, лит. 3, БЦ «Сенатор», офис 423. Тел./факс: (812) 332-5601/02

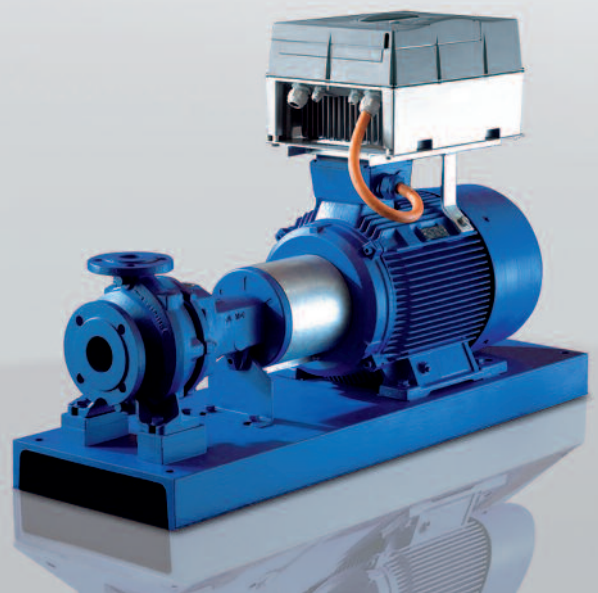
**Новосибирск** • 630102, ул. Восход, д. 14/1, офис 52. Тел.: (383) 254-0106, (383) 254-0115

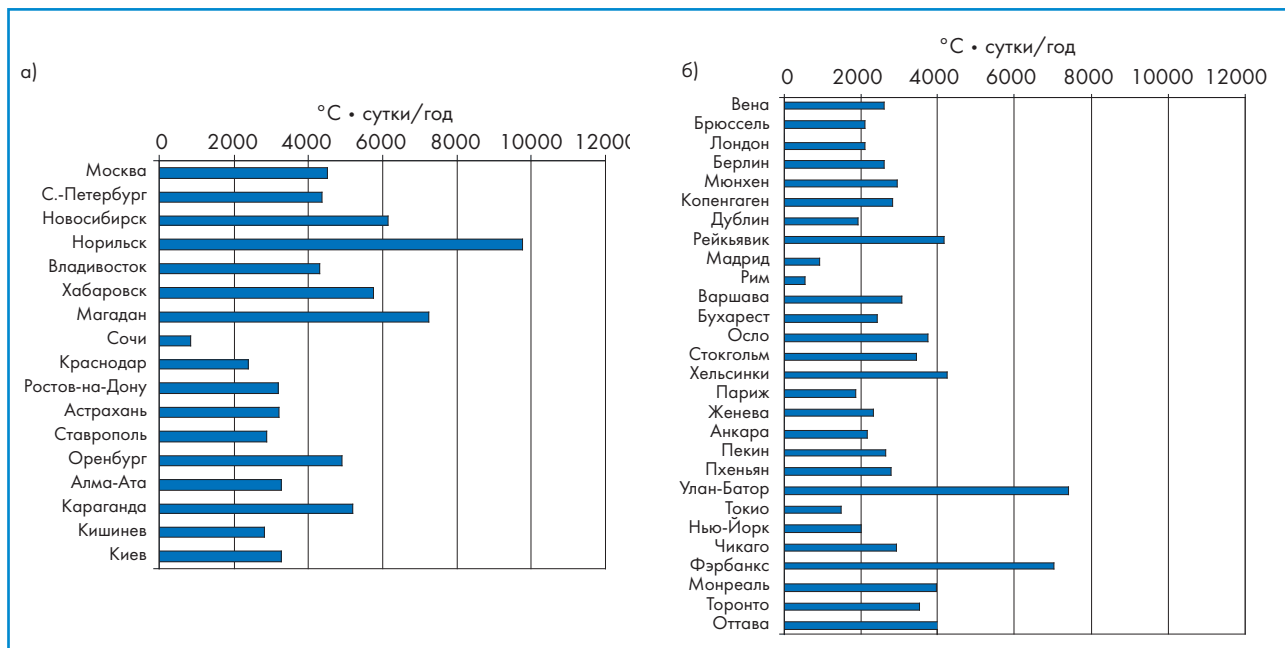
**Екатеринбург** • 620014, ул. Чернышевского, д. 16, офис 515. Тел./факс: (343) 380-1576

**Ростов-на-Дону** • 344014, ул. Текучева, д. 234, этаж 11, офис 3. Тел./факс (863) 218-1191

[www.ksb.ru](http://www.ksb.ru) • [info@ksb.ru](mailto:info@ksb.ru)

Реклама





■ Рис. 5. Вычисленные значения ГСОП: а) для городов России и стран СНГ; б) других стран

ческие банки, которые в свою очередь кредитуют своих клиентов. Малая величина ставки рефинансирования, не более 5 %, свидетельствует о малой инфляции и характерна для стран с устойчивым экономическим положением. Это страны Западной Европы, Северной Америки и Японии. Большие значения ставки рефинансирования свидетельствуют о противоположных тенденциях в экономике страны, они характерны для бывших социалистических стран и особенно бывших республик СССР. При небольших значениях ставки рефинансирования (менее 5 %) ставка по долгосрочным кредитам превышает ставку рефинансирования, ставка по краткосрочным кредитам незначительно отличается от нее, причем может быть как больше, так и меньше. Небольшие значения ставок по кредитам свидетельствуют о превышении предложения финансовых средств над спросом и о небольших прибылях в сфере финансовых спекуляций.

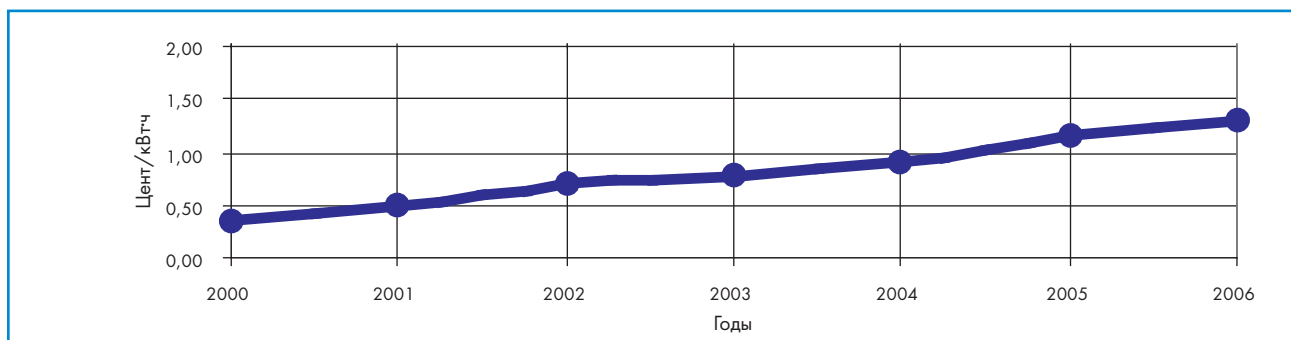
Динамика изменения ставок рефинансирования для стран Западной Европы и Северной Америки в 1990 годы

приведена в [2, 3]. В начале этого периода в некоторых странах ставки рефинансирования достигали 12 %, однако они неуклонно снижались и к концу периода составляли менее 5 %, это положение сохраняется в настоящее время. На рис. 7 приведено изменение ставки рефинансирования ЦБ России начиная с 1992 года. В настоящее время она равна 13 %.

В соответствии с рекомендациями [6] поправка на риск должна приниматься от 3 до 5 %, однако в дальнейших расчетах она принята равной 0 %. Это несколько увеличивает величину параметра  $\omega$  (т. е. предельного значения удельных единовременных затрат) для условий России и позволяет считать, что данное значение  $r$  может быть принято для ближайших лет. Итого общая учетная ставка по кредитам банка для России в дальнейших расчетах принята равной 13 %.

#### Сравнение значений параметра $\omega$

В табл. 1 приведены значения параметра  $\omega$ , рассчитанные для некоторых городов России для 2007 года. Там же приведено сопоставление значений этого параметра  $\omega$  для



■ Рис. 6. Изменение средней отпускной цены тепловой энергии по отчетам РАО «ЕЭС России». Минимальная цена тепловой энергии в Западной Европе принята равной 5 цент/кВт.ч

# Видеть больше. Знать больше.

## С тепловизором testo 880

Реклама



Передовая измерительная технология в новом ценовом измерении

[www.testo.ru/880](http://www.testo.ru/880)

Российское отделение testo AG -  
 ООО "Тэсто Рус"  
 Тел.: (495) 788-98-11;  
 Факс: (495) 788-98-49;  
[info@testo.ru](mailto:info@testo.ru); [www.testo.ru](http://www.testo.ru)

городов России и различных стран, выполненное для условий 2000 года. Чем больше величина параметра  $\omega$ , тем благоприятнее условия для повышения теплозащиты ограждающих конструкций.

Поскольку значения цен тепловой энергии и учетных ставок по кредитам банка приняты весьма приближенными, то значения параметра  $\omega$  являются еще менее точными. Тем не менее, некоторые выводы на основании данных этой таблицы могут быть сделаны.

Значения параметра  $\omega$  для 2000 года для России и бывших социалистических стран близки между собой и на порядок меньше, чем для западных развитых стран. Главным образом это объясняется большой разницей в величинах процентных ставок при относительно небольших различиях в значениях ГСОП. Для некоторых западных стран (Италия, Испания) значения параметра  $\omega$  близки к соответствующим значениям для России. Это объясняется низкими значениями ГСОП в этих странах.

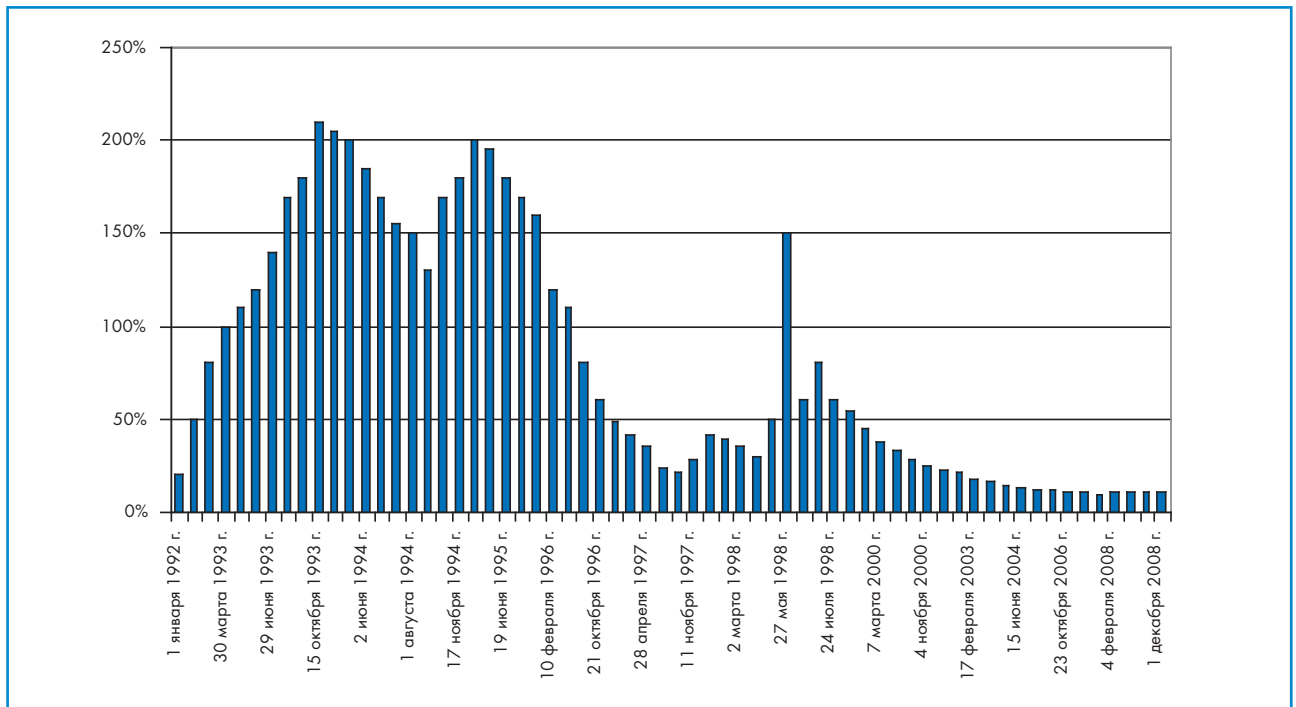
В 2007 году значения параметра для городов России примерно в 2 раза больше, чем были в 2000 году. Это объясняется снижением ставки рефинансирования ЦБ.

Рассмотрим примеры оценки окупаемости затрат на повышение значений сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций с использованием приведенных данных.

### Пример 1

До 1995 года жилые дома в Москве строились согласно действовавшим нормам, с сопротивлением теплопередаче стен, не превышающем  $1,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$  ( $k = 1,0 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ ). Согласно современным нормам требуемое сопротивление теплопередаче стен составляет  $3,13 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$  ( $k = 0,32 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ ). При дополнительном утеплении стены до выполнения новых требований значение коэффициента теплопередачи снижается:  $-\Delta k = 0,68 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ .

Согласно (13) единовременные затраты на утепление стены  $\Delta K$  не должны превышать величины  $(-\Delta k) \cdot \omega$ . В рассматриваемом случае получается, что предельное значение единовременных затрат на утепление стены, при которых они окупаются в Москве, составляло в 2000 году (табл. 1):  $\Delta K_{\text{Москва}} \leq 0,68 \cdot 8,67 = 5,90 \text{ долл./м}^2$ . В 2007 году это значение составляло  $\Delta K_{\text{Москва}} \leq 0,68 \cdot 16,7 = 11,4 \text{ долл./м}^2$ . То есть на утепление стен старых зданий до значений сопротивления теплопередаче, соответствующих современным требованиям, можно потратить не более чем  $11,4 \text{ долл./м}^2$ , иначе это утепление не окупится. В то же время, например, для Стокгольма эта величина в 2000 году составляла  $\Delta K_{\text{Стокгольм}} \leq 0,68 \cdot 165,3 = 112,4 \text{ долл./м}^2$ . При цене жестких минераловатных плит  $100\text{--}150 \text{ долл./м}^3$  и при необходимости использования на утепление стены слоя толщиной  $0,1 \text{ м}$  цена



■ Рис. 7. Изменение ставки рефинансирования ЦБ РФ

только теплоизоляционного материала составит 10–15 долл./м<sup>2</sup>. Предельное значение единовременных затрат для Москвы будет превышено, а для условий Стокгольма цена теплоизоляционного материала составит всего 13 % от предельного значения единовременных затрат. То есть в Москве такое утепление стен никогда не окупится, а в Стокгольме – окупится, если цена остальных материалов и работы «уложится» в оставшиеся 87 %.

### Пример 2

До 1995 года требуемое сопротивление теплопередаче окон в жилых домах в Москве составляло 0,42 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт ( $k = 2,38$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C)). Согласно современным нормам требуемое сопротивление теплопередаче окон составляет 0,54 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт ( $k = 1,85$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C)). Установка таких окон вместо применявшихся ранее приводит к снижению коэффициента теплопередачи:  $-\Delta k = 0,53$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C). Следовательно, цена новых окон (по условиям 2000 года) не должна была превышать цену применяемых ранее окон на величину  $\Delta K_{\text{Москва}} \leq (-\Delta k) \cdot \omega = 0,53 \cdot 8,67 = 4,59$  долл./м<sup>2</sup>. При цене оконных блоков с двойным остеклением в спаренных деревянных переплетах 35 долл./м<sup>2</sup> новые оконные блоки со стеклопакетами в ПВХ переплетах должны были стоить не более 40 долл./м<sup>2</sup>. Если их цена была выше, то они никогда не окупятся из условий экономии энергии на отопление, и их применение с такой целью не оправдано (это не исключает их применения с другой целью, например, для повышения звукоизоляции). В то же время, для условий Мюнхена предельное значение единовременных затрат составляло

$\Delta K_{\text{Мюнхен}} = 0,53 \cdot 142,13 = 75,3$  долл./м<sup>2</sup>. То есть в Мюнхене новые оконные блоки могли стоить (в 2000 году) до 110 долл./м<sup>2</sup> (при одинаковой стоимости старых блоков), и они все равно окупятся.

При всей приближенности проведенных расчетов очевидно, что экономическая ситуация в Швеции и Германии значительно более благоприятна для проведения мероприятий по дополнительному утеплению ограждающих конструкций, чем в России. Этим может быть объяснено, почему в Западной Европе с успехом применяются энерго-сберегающие мероприятия, которые не находят достаточного понимания со стороны отечественных специалистов.

### Физико-экономическая оценка теплоизоляционных материалов для утепления ограждений

Полученные соотношения и показатели можно применить для комплексной оценки теплоизоляционных материалов при их применении для утепления ограждающих конструкций.

Неравенство (13) при переходе к пределу при  $\Delta k \rightarrow 0$  и принимает вид:

$$-\frac{dK}{dk} < \omega. \quad (14)$$

Следует иметь в виду, что переход от разностного неравенства (13) к дифференциальному (14) означает, что все следствия из неравенства (14) будут выражать только необходимые условия окупаемости, но не достаточные. Если

**Более 15000 наименований оборудования,  
изделий и материалов для систем отопления,  
водоснабжения и канализации**

- Трубы и трубопроводная арматура
- Регулирующая промышленная арматура
- Сантехническое оборудование и аксессуары
- Санфаянс
- Системы отопления и горячего водоснабжения
- Насосное оборудование
- Комплектация строительных объектов

**АВТОРИТЕТ В МИРЕ САНТЕХНИКИ**



<http://www.santech.ru>

**г. Видное, Белокаменное шоссе, д. 1  
645-0000, 253-4656**

предположить, что утепление конструкции происходит только за счет увеличения толщины слоя теплоизоляции, без изменения конструкции ограждения и объема необходимых работ (что вообще не верно), то можно записать:

$$K = K_0 + C_{yt} \cdot x. \quad (15)$$

При утеплении ограждающей конструкции ее сопротивление теплопередаче увеличивается от величины  $R_0^0$  до величины  $R_0^1$ . При этом коэффициент теплопередачи конструкции равен:

$$k = \frac{1}{R_0^1} = \frac{1}{R_0^0 + \frac{x}{\lambda}}, \quad (16)$$

где  $C_{yt}$  – цена теплоизоляционного материала, долл./м<sup>3</sup>;  
 $K_0$  – единовременные затраты на конструкцию ограждения, в том числе на работу по устройству теплоизоляции, но без учета затрат на теплоизоляционный материал, долл./м<sup>2</sup>;

Таблица 1  
**Расчетные значения параметра для различных регионов и стран**

Страна, город	ГСОП, °С•сутки/год	Цена тепловой энергии, $C_w$ , долл./кВт•ч	Величина процентной ставки, %/год	Значение параметра $\omega$ , долл.°С/Вт
Россия, 2007 год				
Москва	4 515	0,02	13	16,7
Санкт-Петербург	4 356	0,02	13	16,1
Новосибирск	6 141	0,02	13	22,7
Норильск	9 787	0,02	13	36,1
Владивосток	4 292	0,02	13	15,8
Хабаровск	5 760	0,02	13	21,3
Магадан	7 229	0,02	13	26,7
Сочи	835	0,02	13	3,1
Сравнение с другими странами, 2000 год				
Россия, Москва	4 515	0,02	25	8,67
Россия, Санкт-Петербург	4 356	0,02	25	8,36
Россия, Новосибирск	6 141	0,02	25	11,79
Украина, Киев	3 274	0,02	35	4,49
Болгария, София	2 409	0,05	180,0	1,61
Венгрия, Будапешт	2 348	0,05	19,4	14,52
Польша, Варшава	3 064	0,05	24,5	15,01
Румыния, Бухарест	2 436	0,05	65,5	4,46
Австрия, Зальцбург	2 615	0,05	2,5	125,52
Бельгия, Брюссель	2 101	0,05	2,75	91,68
Германия, Берлин	2 604	0,05	2,5	124,99
Германия, Мюнхен	2 961	0,05	2,5	142,13
Дания, Копенгаген	2 819	0,05	3,5	96,65
Норвегия, Осло	3 753	0,05	5,5	81,88
Исландия, Рейкьявик	4 168	0,05	6,5	76,95
Швеция, Стокгольм	3 445	0,05	2,5	165,36
Финляндия, Хельсинки	4 232	0,05	4,0	126,96
Япония, Токио	1 487	0,05	0,5	356,88
США, Нью-Йорк	2 009	0,05	5,0	48,22
Канада, Оттава	3 986	0,05	4,5	106,29
Италия, Рим	546	0,05	5,5	11,91
Италия, Милан	1 704	0,05	5,5	37,18
Испания, Мадрид	932	0,05	4,75	23,55
Ирландия, Дублин	1 912	0,05	6,75	33,99

# Системы Coesklima SuperK



Многослойная труба

Никелированные фитинги из латуни

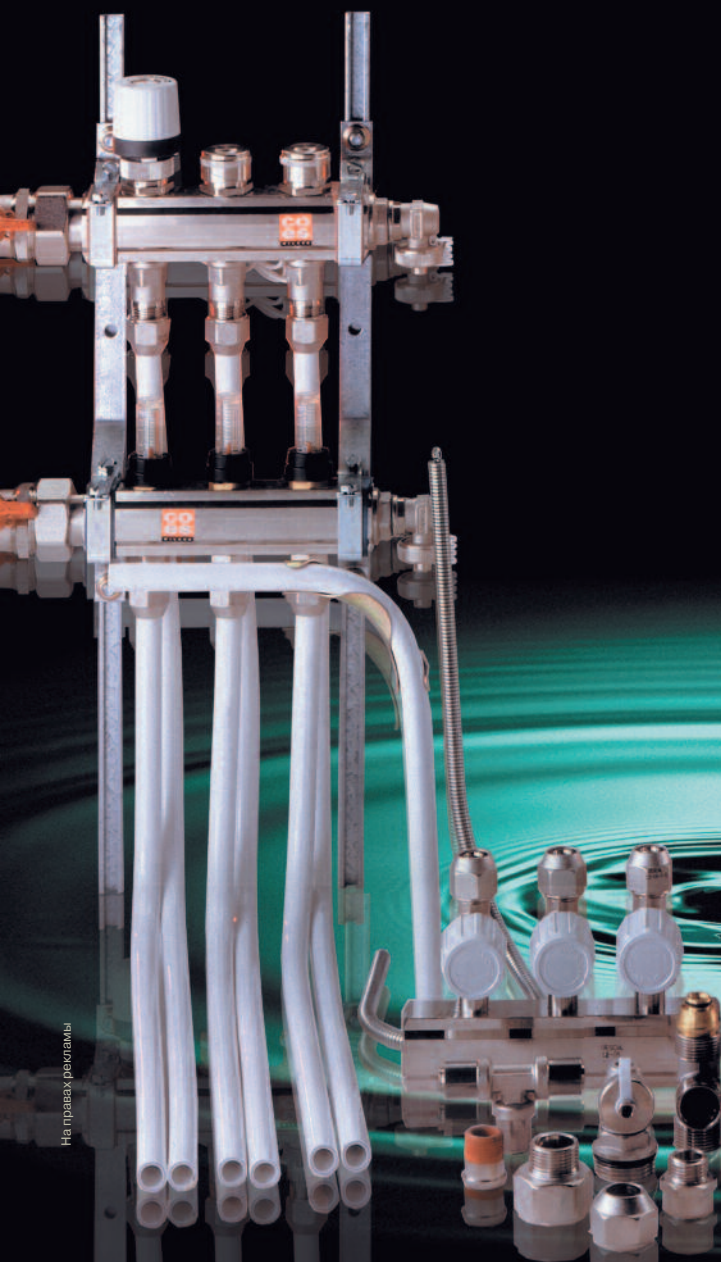
Системы теплых полов

Эксклюзивные детали

Нестандартные расширения

ЛИДЕР В ЕВРОПЕ

Глобальное решение для инженерных систем



Москва "ИНТЕРМА-М" (495) 783-7000  
783-9228

Санкт-Петербург "ИНТЕРМА-СПб" (812) 380-6865  
380-6866

Нижний Новгород "ИНТЕРМА-НН" (8312) 61-8383  
33-9409

Казань "ИНТЕРМА-К" (843) 273-7322  
273-7312

Воронеж "ИНТЕРМА-В" (4732) 79-3300  
79-4849

На правах рекламы

ГРУППА КОМПАНИЙ ИНРОСТ  
**ИНТЕРМА**™  
СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
WWW.INTERMA.RU



Расчетные значения максимально допустимой цены теплоизоляционного материала по условиям окупаемости для Москвы (расчет по формуле (20) для условий 2007 года)

Сопротивление теплопередаче ограждения, $R_o^1$ , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$	Максимально допустимая цена теплоизоляционного материала, при которой затраты на утепление ограждающей конструкции до заданного уровня теплозащиты могут окупиться за счет экономии энергии на отопление $C_{гр,топ}$ долл./ $m^3$ , при значениях расчетной теплопроводности теплоизоляционного материала, $\lambda$ , $Вт/(m \cdot ^\circ C)$									
	0,030	0,035	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	0,10	0,12
1,0	557	477	418	334	278	239	209	186	167	139
1,5	247	212	186	148	124	106	93	82	74	62
2,0	139	119	104	84	70	60	52	46	42	35
2,5	89	76	67	53	45	38	33	30	27	22
3,0	62	53	46	37	31	27	23	21	19	15
3,5	45	39	34	27	23	19	17	15	14	11

$x$  – толщина слоя теплоизоляционного материала, м;  
 $\lambda$  – расчетный коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала,  $Вт/(m \cdot ^\circ C)$ .

Единовременные затраты  $K$  являются функцией коэффициента теплопередачи конструкции  $k$ . Можно считать, что функция  $K(k)$  является параметрически заданной, где в качестве параметра используется  $x$ . По правилам дифференцирования таких функций получается:

$$\frac{dK}{dk} = -C_{гр} \lambda \left( R_o^0 + \frac{x}{\lambda} \right)^2 = -C_{гр} \lambda (R_o^1)^2. \quad (17)$$

Знак «-» объясняется тем, что с ростом толщины теплоизоляции единовременные затраты растут, а коэффициент теплопередачи уменьшается. Подстановка выражения (17) в неравенство (16) дает:

$$C_{гр} \lambda (R_o^1)^2 < \omega. \quad (18)$$

Параметр  $C_{гр} \cdot \lambda$  является характеристикой материала, а параметр  $R_o^1$  – характеристикой конструкции. Последнее неравенство устанавливает связь трех характеристик: материала  $C_{гр} \cdot \lambda$ , конструкции и региона строительства  $\omega$ . Если известны две из них, то можно получить ограничение на третью. Например, предельное значение для сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, которое может быть достигнуто при использовании заданного теплоизоляционного материала при условии, что затраты на этот материал окупятся за счет экономии энергии на отопление, определяется неравенством:

$$R_o^1 < \sqrt{\frac{\omega}{C_{гр} \lambda}}. \quad (19)$$

Неравенство (19) можно использовать при нормировании теплозащиты ограждающих конструкций в конкретном регионе страны, для которого известно значение параметра  $\omega$  и определен рынок теплоизоляционных материалов. Из этого же неравенства следует, что теплоизоляционные материалы нужно сравнивать по параметру  $C_{гр} \cdot \lambda$ , чем он меньше, тем выгоднее применять материал.

### Пример 3

Определить предельное значение для сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции здания в Москве при использовании в качестве утеплителя:

1. Минераловатных плит ценой 150 долл./ $m^3$  и с расчетной теплопроводностью 0,048  $Вт/(m \cdot ^\circ C)$ .

2. Пеногипсовых плит плотностью 200  $кг/m^3$  ценой 11 долл./ $m^3$  и с расчетной теплопроводностью 0,10  $Вт/(m \cdot ^\circ C)$ .

1. Определяется параметр  $C_{гр} \cdot \lambda = 150 \cdot 0,048 = 7,2$  (долл.  $\cdot$  Вт)/( $m^2 \cdot ^\circ C$ ). Расчет для условий Москвы по (19) дает, что (в 2000 году) необходимое условие окупаемости должно было быть:  $R_o^1 < 1,10$  ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт. Такой результат означает, что рассматриваемым материалом утеплять стену старого дома по условиям энергосбережения в Москве практически не имело смысла. В то же время для условий Стокгольма (Швеция) даже при той же цене минераловатных плит получается:  $R_o^1 < 4,83$  ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт. То есть в Швеции ограждающие конструкции с такой теплоизоляцией могут оказаться выгодными.

2. Если в качестве утеплителя использовать пеногипсовые плиты плотностью 200  $кг/m^3$  ценой 11 долл./ $m^3$  и с расчетной теплопроводностью 0,10  $Вт/(m \cdot ^\circ C)$ , то  $C_{гр} \cdot \lambda = 1,1$  (долл.  $\cdot$  Вт)/( $m^2 \cdot ^\circ C$ ). Расчет для условий Москвы по (20) дает:  $< 2,65$  ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт, что превышает нормируемое значение сопротивления теплопередаче стен до введения повышенных требований по теплозащите



**КОТЛЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
И ТВЕРДОТОПЛИВНЫЕ**

Реклама



**ПРОСТО ТЕПЛО.  
ВСЕГДА.**

**КРАСНОЯРСК:** «Завод отопительной техники и автоматики» (391) 2477-777, 2477-888, 2477-999

**Москва:** «Теплотерм» (495) 771-6367; «СВТ» (499) 181-17-34; «Торговая сеть Строитель» (495) 781-04-56; «Теплоком М» (495) 737-31-76;  
**Архангельск:** «Архпромкомплект» (8182) 21-10-10; **Барнаул:** «Инженерные Сети Барнаул» (3852) 625-961; **Благовещенск:** «БАИД» (4162) 355-190; «ДОС» (4162) 52-46-64; **Братск:** «Кристи-С» (3953) 45-15-55; **Владивосток:** «Аквадом» (4232) 333-077; «Модуль Плюс» (4232) 240-304; **Екатеринбург:** «Оптовый склад отопительного оборудования» (343) 242-29-10; **Иркутск:** «ТеплоТэн» (3952) 778-103; «Теплолюкс-Иркутск» (3952) 201-060; «Эстел» (3952) 418-145; **Кемерово:** «СпецАРМ» (3842) 354-564; **Курган:** «Кредо-М» (3522) 545-616; **Мурманск:** «КС-Электро» (8152) 25-16-38; **Находка:** «Термостиль» (4236) 64-14-56; «Аквадом» (4236) 622-752; **Новокузнецк:** «СпецАРМ-ног» (3843) 711-824; **Новосибирск:** «АСТив» (383) 218-2747; «Инженерные Сети» (383) 218-0768; «Термооптима» (383) 33-40800; **Омск:** «Теплотехнические системы» (3812) 272-627; **Петропавловск-Камчатский:** «Сибирь» (41522) 949-60; **Сургут:** «Удачные печи» (3462) 64-29-74; **Томск:** «Компания водяной центр» (3822) 511-500; **Тюмень:** «Теплоотдача» (3452) 220-180; **Улан-Удэ:** «Отопительные котлы» (3012) 677-111; **Хабаровск:** «Китурами» (4212) 540-000; «Гидролюкс» (4212) 755-700; **Чита:** «Энергокомплект» (3022) 320-174; **Южно-Сахалинск:** «Зодчий» (4242) 75-41-01 **Казахстан, Павлодар:** «ИноТех-Лтд» (3182) 55-72-59

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

(то есть до 1995 года) на 1,65 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт. То есть местный материал пеногипс значительно выгоднее применять для теплоизоляции ограждающих конструкций зданий, чем импортные минераловатные плиты, хотя их теплопроводность более чем в два раза ниже, чем у пеногипса.

Выражение (19) позволяет рассчитать максимально допустимую цену теплоизоляционного материала, при которой затраты на утепление ограждающей конструкции до заранее заданного уровня теплозащиты могут окупиться за счет экономии энергии на отопление. Из (19) следует:

$$C_{\text{ут. max}} = \frac{\omega}{\lambda_0 (R_0^*)^2} \quad (20)$$

Расчеты по формуле (20) приведены в табл. 2 по условиям 2007 года.

### Пример 4

Требуется определить максимально допустимую цену для теплоизоляционного материала с расчетной теплопроводностью 0,05 Вт/(м·°C) для утепления конструкции покрытия в Москве по данным на 2007 год до достижения значения сопротивления теплопередаче 3,5 м<sup>2</sup>·°C/Вт.

Из табл. 2 определяется  $C_{\text{ут. max}} = 27$  долл./м<sup>3</sup>.

Еще раз следует отметить, что формулы (18)–(20) и табл. 2 отражают лишь необходимые условия окупаемости утепления, а не достаточные. То есть даже при выполнении данных неравенств окупаемость инвестиций может не иметь места.

### Литература

1. Пособие к МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях». Вып. 1. Проектирование теплозащиты жилых и общественных зданий. – М. : Москомархитектура, 2000.
2. Гагарин В. Г. Об окупаемости затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 1, с. 3–12.
3. Гагарин В. Г. Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях рыночной экономики // Светопрозрачные конструкции. – 2002. – № 3, с. 2–5; № 4, с. 50–58.
4. Богуславский Л. Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции. – М. : Стройиздат, 1985.
5. Фихтенгольц Г. М. Основы математического анализа. – СПб., 1999.
6. Овсянникова Т. Ю. Экономика строительного комплекса. Экономическое обоснование и реализация инвестиционных проектов. – Томск : изд. ТГАСУ, 2004.
7. Крушвиц Л. Инвестиционные расчеты. – СПб., 2001.
8. СНиП 23–01–99. Строительная климатология. – М., 2000.
9. Кудинов Ю., Кузовкин А. Соотношение российских и мировых цен на энергоносители // Экономист. – 1997. – № 6, с. 35–40.
10. Волконский В., Кузовкин А. Цены на энергоресурсы в России и зарубежных странах // Экономист. – 2000. – № 11, с. 11–40.
11. Дмитриев А. Н., Табунщиков Ю. А., Ковалев И. Н., Шилкин Н. В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2005. ■