

Экономим или нет?

Российские энергосберегающие требования

А. С. Горшков, канд. техн. наук, докторант кафедры интеллектуальных систем и защиты информации ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна»

Д. В. Немова, инженер кафедры строительства уникальных зданий и сооружений ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

П. П. Рымкевич, канд. физ.-мат. наук, профессор кафедры физики ФВГОУ ВПО «Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского»

Понимая актуальность вопросов энергосбережения и роста тарифов на невозобновляемые энергоносители, многие страны мира постепенно ужесточают требования к энергетическим характеристикам зданий, в том числе к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций. Оценим на примере одного жилого многоквартирного здания влияние теплозащиты, запроектированной в соответствии с отечественными и финскими нормативами, на затраты тепловой энергии на отопление.

Потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания (трансмиссионные потери тепловой энергии) являются одной из основных составляющих в структуре затрат тепловой энергии на отопление. Для их восполнения здание подключается к системе теплоснабжения. Чем выше уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, тем меньшими через них оказываются потери тепловой энергии. В результате снизятся платежи жителей за тепловую энергию и будет сэкономлено больше первичных энергетических ресурсов.

Таблица 1

Минимальные требования к уровню тепловой защиты жилого многоквартирного здания по различным нормативам

Тип наружной ограждающей конструкции	Требуемые значения приведенного сопротивления теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$		
	Вариант 1*, $R_{\text{сп}}^{\text{ТР}}$	Вариант 2**, $R_{\text{спип}}^{\text{ТР}}$	Вариант 3***, $R_{\text{D3}}^{\text{ТР}}$
Наружные стены	2,99	3,13	5,88
Окна и балконные двери	0,49	0,52	1,00
Входные наружные двери	0,78	0,83	1,00
Совмещенное покрытие	4,48	4,67	11,11
Перекрытия над проездами и под эркерами	4,48	4,67	11,11
Перекрытие над неотапливаемым подвалом (подпольем)	3,95	4,12	6,25

* Значения $R_{\text{сп}}^{\text{ТР}}$ приняты по ГСОП согласно СП 131.13330.2012 и рассчитаны по СП 50.13330.2012 (формула 5.1).
** Значения $R_{\text{спип}}^{\text{ТР}}$ рассчитаны по ГСОП согласно СНиП 23-01-99* и приняты согласно СНиП 23-02-2003 по табл. 4.
*** В стандартах европейских стран нормируется не сопротивление теплопередаче R , а обратная ему величина, так называемая U -value, принимаемая равной $U = 1/R$. В стандарте NBCF D3 нормируемое значение величины U для стен составляет $0,17 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$. Соответственно, обратная ему величина $R = 1/0,17 = 5,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Аналогичным образом рассчитаны сопротивления теплопередаче для других типов ограждающих конструкций согласно NBCF D3 (п. 3.5.4).

Помимо прямой зависимости потерь тепловой энергии от уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, затраты тепла в здании также обусловлены необходимостью вентиляции помещений и, соответственно, нагревом поступающего с улицы холодного воздуха, а также условиями и степенью регулирования параметров теплоносителя.

Что определяет уровень требований по теплоизоляции зданий

В любой стране существуют нормативные требования к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, учитывающие ее климатические условия: чем холоднее климат, тем выше уровень.

Климатические параметры Москвы по температуре отопительного периода и его продолжительности сопоставимы с аналогичными показателями Финляндии.

Однако при сравнении российских нормативных требований к уровню теплоизоляции наружных ограждений, приведенных в своде правил СП 50.13330.2012 (далее – СП 50) и в СНиП 23-02-2003 (далее – СНиП 23-02¹), с аналогичными требованиями Финляндии, прописанными в стандарте National Building Code of Finland, Part D3 (далее – NBCF D3), обнаруживаются существенные различия. Оказывается, в Финляндии требования гораздо жестче (выше) российских. Отсюда видно, что нормативные тре-

бования определяет не только климат, но и политика государства в области энергосбережения.

Рассмотрим на примере жилого многоквартирного здания влияние уровня тепловой защиты (теплоизоляции) наружных ограждающих конструкций, параметры которых выбраны в соответствии с требованиями СП 50, СНиП и NBCF D3, на величину его энергопотребления.

Объект и условия расчета

Расчет трансмиссионных потерь тепловой энергии за отопительный период произведем для многоквартирного жилого здания, условно расположенного на территории Москвы.

Сравним три уровня тепловой защиты (теплоизоляции) наружных ограждающих конструкций здания, принятых согласно различным нормативам:

- вариант 1 – согласно требованиям СП 50;
- вариант 2 – согласно требованиям СНиП 23-02;
- вариант 3 – согласно требованиям финского стандарта NBCF D3.

Для упрощения расчетов допустим, что для всех трех вариантов являются одинаковыми следующие параметры:

1. строительный объем и расчетные площади здания;
2. воздухообмен;
3. система вентиляции;
4. ориентация фасадов по сторонам света;
5. расчетное количество жителей.

¹ СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (редакция не отменена в связи с введением в действие СП 50.13330.2012).

Тогда согласно принятым допущениям затраты тепловой энергии на вентиляцию помещений рассматриваемого здания за отопительный период для трех вариантов тоже одинаковы (допущения 1–3), и для упрощения расчетов потери тепла на вентиляцию учитываться не будут. Кроме того, бытовые и солнечные теплопоступления в рассматриваемом здании также оказываются одинаковыми (допущения 1, 4–5).

Таким образом, сравнение затрат тепловой энергии на отопление рассматриваемого здания произведем только по показателям трансмиссионных потерь тепловой энергии.

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ	
Нумерация формулы в тексте	Формула
(1)	$G_{СОП} = (t_b - t_{от}) \cdot z_{от}$
(2)	$R_o^{TP} = \alpha \cdot G_{СОП} + b$
(3)	$Q_{отр}^r = 0,024 \cdot G_{СОП} \cdot \sum_{i=1}^n (A_i / R_i)$
(4)	$Sn = (a_1 - a_1 \cdot q^n) / (1 - q)$
Обозначения в формулах	
<p>$G_{СОП}$ – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год</p> <p>t_b – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С</p> <p>$t_{от}$ – средняя температура наружного воздуха, °С (для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8 °С, а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых не более 10 °С)</p> <p>$z_{от}$ – продолжительность отопительного периода, сут/год</p> <p>R_o^{TP} – требуемое сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций, м²·°С/Вт</p> <p>$Q_{отр}^r$ – трансмиссионные потери тепловой энергии на отопление, кВт·ч/год</p> <p>A_i – площадь i-го типа наружной ограждающей конструкции (стены, окна, покрытия и т. д.), м²</p> <p>$0,024$ – переводной коэффициент потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции из Вт·сут в кВт·ч</p> <p>R_i – приведенное сопротивление теплопередаче i-го типа наружной ограждающей конструкции, принятое равным требуемому R_o^{TP}, м²·°С/Вт (табл. 3)</p> <p>Sn – расходы жильцов здания на тепловую энергию за различный период эксплуатации, руб.</p> <p>a_1 – расходы жильцов на тепловую энергию в первый год эксплуатации</p> <p>q – среднегодовая норма роста тарифов на тепловую энергию, для рассматриваемого примера $q = 1,15$ (15 %)</p> <p>n – период эксплуатации здания (в нашем случае 10, 20 и 30 лет)</p>	

Исходные данные

Расчетные климатические и теплоэнергетические параметры для жилой части рассматриваемого здания приняты для климатических условий Москвы²:

- расчетная температура наружного воздуха $t_{н} = -25$ °С,
- средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{от} = -2,2$ °С,
- продолжительность отопительного периода $z_{от} = 205$ сут/год,
- градусо-сутки отопительного периода (далее – ГСОП) – 4 551 °С·сут/год;
- расчетная температура внутреннего воздуха $t_b = 20$ °С.

Суммарная площадь наружных ограждающих конструкций отапливаемого объема здания составляет 21 100 м², в том числе:

- наружные стены $A_{СТ} = 12 275$ м²;
- окна и балконные двери $A_{ОК} = 3 680$ м²;
- входные наружные двери $A_{ДВ} = 65$ м²;
- совмещенное покрытие $A_{ПОКР} = 1 720$ м²;
- перекрытия над проездами и под эркерами $A_{ПЕРЕКР} = 185$ м²;
- перекрытие над неотапливаемым подвалом $A_{Ц.ПЕРЕКР} = 3 175$ м².

Требуемые значения приведенного сопротивления теплопередаче R_o^{TP} , м²·°С/Вт, наружных ограждающих конструкций здания для трех вариантов сведены в табл. 1.

Изменение расчетных климатических параметров

Как видно (табл. 1), нормативные требования в варианте 2 выше требований варианта 1. Несоответствия эти для одного и того же объекта (в нашем случае здания в Москве) обусловлены различием климатических параметров, учитываемых в СП 50 и СНиП 23-02 при расчете ГСОП по одной и той же формуле (1) (см. расчетные формулы). Но не все параметры, входящие в формулу (1), принимаются в российских нормативах СП 50 и СНиП 23-02 одинаковыми.

Дело в том, что в СНиП 23-02 при определении климатических параметров отопительного периода последние принимаются по СНиП 23-01–99*, а в СП 50 – по СП 131.13330 (далее – СП 131). И тут оказывается, что согласно актуализированной редакции стандарта по строительной климатологии СП 131 в Москве резко потеплело, а продолжительность отопительного периода сократилась. Так, средняя температура наружного воздуха за отопительный период для жилых зданий $t_{от}$ в СНиП 23-01–99* принималась равной –3,1 °С, а в СП 131 стала равна –2,2 °С.

² Согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. (Актуализированная редакция СНиП 23-01–99*)».

Таблица 2 Годовой расход (потери) тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания за отопительный период в зависимости от минимальных требований к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций

Варианты расчета	Трансмиссионные потери тепловой энергии			Годовая стоимость тепловой энергии на отопление здания при учете только трансмиссионных потерь, руб./год
	кВт•ч/год	МДж/год*	Гкал/год**	
Вариант 1	1 412 038	5 083 337	1 214,4	1 749 343
Вариант 2	1 338 596	4 818 946	1 151,2	1 658 303
Вариант 3	711 272	2 560 579	611,7	881 153

* 1 кВт•ч/год = 3,6 МДж /год.
 ** 1 кВт•ч/год = 86 • 10⁻⁵ Гкал/год.

Аналогично продолжительность отопительного периода $z_{от}$ согласно СНиП 23-01-99* принималась равной 214 сут., а в СП 131 сократилась до 205 сут.

Неизменной в формуле (1) осталась лишь принимаемая для жилых зданий температура внутреннего воздуха $t_{в}$, которая согласно ГОСТ³ как была, так и осталась равной 20 °С.

В результате изменений расчетных климатических параметров изменилось расчетное значение ГСОП для жилых зданий, проектируемых в Москве, которое до введения СП 50 принималось равным 4943 °С•сут, а теперь снизилось до 4551 °С•сут. Как это связано с тепловой защитой?

Оказывается, довольно существенно, т.к. требуемое сопротивление теплопередаче R_{0}^{TP} наружных ограждающих конструкций определяется в зависимости от ГСОП (см. расчетные формулы, (2)).

С одной стороны, это формальность, но с другой, как можно видеть, изменились требования к уровню тепловой защиты (табл. 1), что создает условия для уменьшения требований и при реальном проектировании ограждающих конструкций.

И разработчиками актуализированной редакции стандарта по тепловой защите СП 50 это обстоятельство никак не было учтено. Отсюда и получается, что в России требования к уровню тепловой защиты зданий снизились.

Потери тепловой энергии

Выполнив расчет трансмиссионных потерь тепловой энергии на отопление $Q_{огр(сп)}^Г$ рассматриваемого многоквартирного жилого здания за отопительный период по формуле (3) (см. расчетные формулы), получим:

- для варианта 1 $Q_{огр(сп)}^Г = 1\,412\,038$ кВт•ч/год;
- для варианта 2 $Q_{огр(сп)}^Г = 1\,338\,596$ кВт•ч/год;
- для варианта 3 $Q_{огр(сп)}^Г = 711\,272$ кВт•ч/год.

Результаты расчета в различных единицах измерения тепловой энергии сведем в табл. 2, из которой видно, что трансмиссионные потери тепловой энергии для рассматриваемого нами здания, построенного согласно требованиям

СП 50, окажутся в 2 раза выше по сравнению с тем же зданием, но построенным по требованиям Финляндии (вариант 3). И это без учета того, что российские стандарты допускают следующее уменьшение нормативных требований к уровню теплоизоляции:

- на 37% – для стен;
- на 5% – для светопрозрачных ограждений;
- на 20% – для остальных ограждающих конструкций⁴.

Значит, различия в уровне трансмиссионных потерь тепла могут оказаться еще более существенными.



Утепление финского дома

³ГОСТ 30494–96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

⁴Согласно п. 5.2 СП 50.13330.2012 или п. 5.13 СНиП 23-02-2003.

Конечно, разница значений трансмиссионных потерь тепла в здании, проектируемом по СП 50 и СНиП 23-02, не очень значительна: 5% (табл. 2, соответственно варианты 1 и 2). Однако «лишние» потери тепла в варианте 1 – это реальные затраты жильцов на отопление.

Отметим, что если сберечь в здании 1 т у. т. (с теплотворной способностью 7 000 ккал/кг или 29,3 МДж/кг), это будет равнозначно экономии нескольких тонн реального топлива⁵, т. к. значительная доля потерь тепловой энергии расходуется на транспортировку теплоносителя от ТЭЦ к зданию и генерацию тепла в самой ТЭЦ с учетом КПД. Если прибавить к этому расходы энергии на добычу первичного топлива, его транспортировку и переработку, а также утилизацию отходов ТЭЦ и т. п., эффект окажется еще более ощутимым.

Финансовые потери

Пересчитаем выявленные нами потери тепловой энергии в денежный эквивалент. В Москве единица тепла стоит 1 440,50 руб./Гкал⁶. Умножив значение стоимости на годовой расход тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции, получим величину затрат на отопление для рассматриваемых трех вариантов (табл. 2, крайний правый столбец).

Сравнивая суммарные платежи, направленные на компенсацию потерь тепла через наружные ограждающие конструкции, мы можем видеть, что самым неэкономичным для жителей является здание, спроектированное по нормативам СП 50. В аналогичном здании, построенном по требованиям финских стандартов, расходы можно снизить почти в 2 раза, а в здании, спроектированном по СНиП 23-02, на 91 000 руб. (5%). Но это только в первый год эксплуатации здания.

Тарифы на тепловую энергию постоянно увеличиваются. В среднем рост тарифов на тепловую энергию в Москве составляет 15% в год, и при сохранении данной динамики мы можем сделать следующий прогноз:

- через 5 лет тарифы вырастут в два раза: $(1 + 0,15)^5$;
- через 10 лет – в четыре раза: $(1 + 0,15)^{10}$;
- через 20 лет – в восемь раз: $(1 + 0,15)^{20}$ и т. д.

Динамика увеличения финансовых потерь

Рассмотрим, как ежегодный рост тарифов скажется на динамике увеличения платежей на отопление для жителей нашего здания. Для этого выполним расчет стоимости тепловой энергии на отопление рассматриваемого здания только при учете трансмиссионных потерь тепловой энергии за 10, 20 и 30 лет эксплуатации при различном уровне тепловой защиты ограждающих конструкций (варианты 1–3).

В результате можно видеть (табл. 3), что управляющая зданием компания (ТСЖ, ЖСК и т. п.) при переходе на новые требования к уровню тепловой защиты согласно СП 50 по сравнению с требованиями СНиП 23-02 потратит дополнительно на тепловую энергию:

- за 10 лет эксплуатации почти 2 млн руб.;
- за 20 лет эксплуатации около 10 млн руб.;
- за 30 лет – 40 млн руб.

Вместо того чтобы просто топить улицу вокруг здания, эти средства можно было бы потратить более эффективно, например на реконструкцию, ремонт кровли или фасадов и т. д.

Существенно более значительными оказываются платежи за отопление при сравнительном рассмотрении состава затрат для зданий, построенных по российским и финским нормативам (табл. 3). Экономия средств

Таблица 3 Результаты последовательного суммирования расходов на отопление при учете только трансмиссионных потерь тепловой энергии с учетом среднегодового роста тарифов 15% в год

Варианты расчета	Общие расходы жильцов на тепловую энергию при различных сроках эксплуатации многоквартирного здания*, руб.			
	За первый год	За 10 лет	За 20 лет	За 30 лет
Вариант 1	1 749 343	35 518 167	179 208 964	760 518 379
Вариант 2	1 658 303	33 669 717	169 882 500	720 939 180
Вариант 3	881 153	17 890 682	90 268 470	383 076 990

* Расчет проведен по формуле (4) (см. расчетные формулы).

⁵ Калорийный эквивалент реального топлива примем равным 1.

⁶ Постановление Правительства Москвы от 27 ноября 2012 года № 671-ПП «Об утверждении цен, ставок и тарифов на жилищно-коммунальные услуги для населения на 2013 год».

Таблица 4

Изменение требований к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций в Финляндии по годам [1]

Нормируемый показатель	Год введения требований					
	1976	1978	1985	2003	2007	2010
Коэффициент теплопередачи строительных конструкций, Вт/(м ² ·К):						
– наружные стены	0,40	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17
– верхнее перекрытие	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09
– нижнее перекрытие	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,17/0,16
– окна	2,10	2,10	2,10	1,40	1,40	1,00
Значение инфильтрации при разности давлений 50 Па n50, ч ⁻¹	6	6	6	4	4	2
Годовой КПД утилизации тепла на вентиляцию, %	0	0	0	30	30	50

за отопление в здании, построенном по минимальным требованиям финского стандарта (табл. 3, вариант 3), по сравнению с аналогичным зданием, но построенным по минимальным российским требованиям (табл. 3, вариант 1), окажется меньше:

- за первый год эксплуатации на 870 тыс. руб.;
- за 10 лет эксплуатации на 17,5 млн руб.;
- за 20 лет – на 89,0 млн руб.;
- за 30 лет – на 377,5 млн руб.

Оппоненты могут возразить, что увеличение минимальных требований к уровню тепловой защиты потребует увеличения толщины теплоизоляции в конструкциях, а значит, дополнительных затрат, увеличивающих себестоимость строительства. В результате застройщик будет вынужден повысить цены на жилье.

Стоит, однако, отметить три фактора:

- во-первых, цена определяется рынком (соотношением спроса и предложения);
- во-вторых, стоимость 1 м² многоквартирного строящегося жилья в Финляндии и той же Москве сопоставима (на самом деле, в Москве она несколько выше);
- в-третьих, поскольку при увеличении толщины теплоизоляции конструктив ограждения не меняется, а стоимость монтажа и отделки остается почти неизменной, то рост цены на 1 м² стены или покрытия только за счет улучшения теплоизоляции окажется незначительным.

Европейский и российский подход к энергосбережению

Анализ табл. 3 показывает различия России и Финляндии в подходе к проблемам энергосбережения. Да, Финляндия не обладает такими природными ресурсами, как Россия, поэтому энергосбережение для нее, как и для большинства других европейских стран, является более актуальной проблемой и задачей.

Стремясь снизить зависимость от поставщиков энергоресурсов, страны Европы развивают собственные рын-

ки инновационных продуктов, материалов и технологий в области энергосбережения, используют для энергоснабжения зданий возобновляемые источники энергии, повышают требования к уровню теплоизоляции ограждающих конструкций. Как экономно европейцы, соблюдая аналогичные нашим требования к микроклимату помещений (20 °С), расходуют энергию в зданиях, видно из табл. 3.

В России пока все по-другому. Вместо того, чтобы сберечь собственные энергоресурсы, мы позволяем себе отапливать улицу (табл. 2), повышая тем самым, видимо, температуру наружного воздуха в Москве с –3,1 до –2,2 °С (как это следует из изменений в нормативных документах по строительной климатологии). Может, это влияние глобального потепления климата? Но почему тогда для населенных пунктов, расположенных в Московской области (Дмитров, Кашира), климатологические данные остались неизменными?

Не нужно срочно вводить такие же высокие требования к уровню теплоизоляции и оснащенности зданий энергосберегающими инженерными системами, как в Финляндии или Норвегии, но стоит делать осознанные шаги в этом направлении. В той же Финляндии современные требования к уровню теплоизоляции ограждающих конструкций (табл. 1) повышались постепенно (табл. 4), по мере реализации программы энергосбережения.

Поэтапное ужесточение требований к уровню теплоизоляции и оснащенности зданий энергосберегающими инженерными решениями стимулирует внедрение инновационных разработок в строительстве. Пока нормативные требования остаются неизменными, не имеет смысла менять старые технологии, в полной мере соответствующие старым стандартам. Только поняв это, мы встанем на инновационный путь развития.

Литература

- 1 Сормунен П. Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 1. ■