

## Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании

*Д.т.н., профессор, декан Н.И. Ватин;  
инженер Д.В. Немова,*

*ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет;*

*к.ф.-м.н., профессор П.П. Рымкевич,*

*ФВГОУ ВПО Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского МО РФ;*

*к.т.н., докторант А.С. Горшков\*,*

*ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна*

**Ключевые слова:** энергосбережение; трансмиссионные потери тепловой энергии; многоквартирный жилой дом

Потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания (так называемые трансмиссионные потери тепловой энергии) являются одним из основных компонентов в структуре затрат тепловой энергии здания на отопление и составляют более 50% всех потерь тепловой энергии, расходуемой на отопление в течение отопительного периода. Для восполнения потерь тепловой энергии к зданию необходимо подвести тепло, т.е. подключить его к системе теплоснабжения. Чем выше уровень теплоизоляции наружных ограждающих конструкций, тем меньше оказываются потери тепловой энергии в здании через оболочку, а значит, меньше энергии требуется подвести к зданию. Соответственно, можно сэкономить большее количество энергетических ресурсов и уменьшить платежи жителей за тепловую энергию.

Таким образом, потери тепловой энергии напрямую зависят от уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций (стен, окон и балконных дверей, перекрытий над проездами и под эркерами, полов по грунту, покрытия). Во всех странах существуют нормативные требования к уровню теплоизоляции (в терминах стандарта, принятого на территории Российской Федерации, к приведенному сопротивлению теплопередаче) наружных ограждающих конструкций, которые отличаются в зависимости от климатических условий страны и ее государственной политики в области энергосбережения. В связи с постоянным ростом цен на энергетические ресурсы и, соответственно, ростом тарифов на тепловую энергию, а также сокращением запасов невозобновляемых углеводородов (нефти, газа) в большинстве развитых стран мира нормативы потребления зданиями энергии постоянно уменьшаются, а требования к уровню теплоизоляции ограждающих конструкций повышаются.

В Российской Федерации в области нормирования наметился тренд в сторону уменьшения требований к уровню тепловой защиты зданий. Базовые нормативные требования к приведенному сопротивлению теплопередаче для ограждающих конструкций с введением с 2013 года в действие свода правил СП 50.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) предполагается понизить по сравнению с действующей редакцией норматива по тепловой защите зданий. К каким энергетическим и экономическим последствиям это может привести, рассмотрено ниже.

Целью статьи является анализ влияния уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величины потерь тепловой энергии, эксплуатационных затрат и затрат топливно-энергетических ресурсов в течение отопительного периода (за 10, 30 и 50 лет эксплуатации здания) на примере одного жилого многоквартирного здания.

### *Расчет потерь тепловой энергии через оболочку здания при различном уровне ее теплоизоляции*

В основе анализа лежит расчет трансмиссионных потерь тепловой энергии (теплопотерь через наружные ограждающие конструкции – стены, окна, входные наружные двери, покрытие и т.д.) жилого многоквартирного здания за отопительный период применительно к климатическим условиям города Санкт-Петербурга. Принимаются минимальные требования к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций в соответствии со следующими стандартами:

- Свод Правил СП 50.13330.2012 [1] (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, – проект);
- Стандарт Российской Федерации СНиП 23-02-2003 [2] (действующая редакция);
- Стандарт Финляндии National Building Code of Finland, Part D3 [3] (действующая редакция 2012 года).

### *Допущения*

Для расчета, вне зависимости от выбора требований к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций, примем следующие допущения:

- 1) строительный объем и площади проектируемого многоквартирного здания примем одинаковыми;
- 2) воздухообмен в проектируемом здании примем одинаковым;
- 3) система вентиляции в проектируемом здании предполагается идентичной по составу и номенклатуре оборудования;
- 4) ориентацию фасадов по сторонам света примем одинаковой;
- 5) расчетное количество жителей в здании примем одинаковым.

Согласно принятым допущениям 1, 2 и 3 получим, что инфильтрационные затраты тепловой энергии на отопление проектируемого здания за отопительный период окажутся одинаковыми. Поэтому в сравнительных расчетах тепловой энергии на отопление рассматриваемого здания не станем учитывать инфильтрационные затраты тепловой энергии на отопление.

Согласно принятым допущениям 1, 4 и 5 получим, что бытовые и солнечные теплопоступления рассматриваемого здания за отопительный период также окажутся одинаковыми.

Таким образом, сравнение затрат тепловой энергии на отопление произведем только по показателям трансмиссионных теплопотерь здания (потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции).

### *Исходные данные для расчета трансмиссионных потерь*

Объектом исследования является жилой 25-этажный многоквартирный дом, состоящий из трех отдельно стоящих зданий башенного типа со встроенной подземной автостоянкой (рис. 1), проектируемый в Санкт-Петербурге. Общие сведения об объекте представлены в таблице 1.



**Рисунок 1. Жилое многоквартирное 25-этажное здание [5]**

Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании

Расчетные климатические и теплоэнергетические параметры здания для климатических условий Санкт-Петербурга приняты по СНиП 23-01-99\* [4] и представлены в таблице 1.

Площади наружных ограждающих конструкций отапливаемого объема здания представлены в таблице 2.

**Таблица 1. Расчетные условия для жилой части здания**

Показатель	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1.1. Расчетная температура наружного воздуха	$t_n$	°С	- 26
1.2. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	- 1,8
1.3. Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	220
1.4. Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С·сут/год	4796
1.5. Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_v$	°С	20
1.6. Расчетная температура чердака	$t_{черд}$	°С	-
1.7. Расчетная температура в помещениях подземной автостоянки	$t_{подз}$	°С	5,0

**Таблица 2. Площади наружных ограждающих конструкций здания**

Тип наружной ограждающей конструкции	Площадь конструкции $A_i$ , м <sup>2</sup>
2.1. Наружные стены – $A_{ст}$	21 813,0
2.2. Окна и балконные двери – $A_{ок}$	5 826,8
2.3. Входные наружные двери – $A_{дв}$	45,3
2.4. Совмещенное покрытие – $A_{покр}$	1 448,5
2.5. Перекрытия над проездами и под эркерами – $A_{перекр}$	22,5
2.6. Цокольное перекрытие над помещениями подземной автостоянки – $A_{ц.перекр}$	1 221,3
<b>Суммарная площадь</b> наружных ограждающих конструкций отапливаемого объема здания – $A_H^{сум}$	<b>30 377,4</b>

Требуемые значения приведенного сопротивления теплопередаче  $R_0^{TP}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт наружных ограждающих конструкций здания представлены в таблице 3.

В таблице 3 требуемые значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций проектируемого здания  $R_0^{TP}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, приняты по минимальным требованиям согласно СП 50.13330.2012 [1] ( $R_{СП}^{TP}$ ), СНиП 23-02-2003 [2] ( $R_{СНиП}^{TP}$ ) и National Building Code of Finland, Part D3 [3] ( $R_{D3}^{TP}$ ) соответственно.

**Таблица 3. Минимальные требования к уровню тепловой защиты наружных ограждающих конструкций жилого многоквартирного здания согласно нормативным требованиям различных стандартов**

Тип наружной ограждающей конструкции	Требуемые значения приведенного сопротивления теплопередаче $R_0^{TP}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт, рассчитанные по стандартам:		
	СП 50.13330.2011, $R_{СП}^{TP}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	СНиП 23-02-2003, $R_{СНиП}^{TP}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	National Building Code of Finland, Part D3, $R_{D3}^{TP}$ *, м <sup>2</sup> ·°С/Вт
3.1. Наружные стены	1,94	3,08	5,88
3.2. Окна и балконные двери	0,49	0,51	1,0
3.3. Входные наружные двери	0,79	0,79	1,0
3.4. Совмещенное покрытие	3,68	4,60	11,11
3.5. Перекрытия над проездами и под эркерами	3,68	4,60	11,11
3.6. Цокольное перекрытие над помещениями подземной автостоянки	4,06×0,33=1,34**	4,06×0,33=1,34**	3,85***

Примечания.

\* В стандартах европейских стран нормируется не сопротивление теплопередаче  $R$ , а обратная ей величина – так называемая величина  $U$ -value, принимаемая равной  $U=1/R$ . Например, в стандарте National Building Code of Finland, Part D3 [3], нормируемое значение величины  $U$  для стен составляет 0,17 Вт/м<sup>2</sup>·°С. Соответственно, обратная ему величина –  $R=1/U=1/0,17=5,88$  м<sup>2</sup>·°С/Вт, что и отражено в таблице 3. Аналогичным образом рассчитаны сопротивления теплопередаче для других типов ограждающих конструкций (окон, покрытия, дверей и т.д.).

\*\* Требуемое значение сопротивления теплопередаче цокольного перекрытия над неотапливаемым техническим подвалом (подпольем) рассчитано с учетом вычисленного по уравнению теплового баланса значения температуры воздуха в подполье  $t_{подз}=5,0^{\circ}\text{C}$  по формуле (5) СНиП 23-02 [2], по формуле (5.3) СП 50.13330.2012 [1].

\*\*\* Численное значение сопротивления теплопередаче принято по стандарту National Building Code of Finland, Part D3 как для перекрытия, контактирующего с наполовину отапливаемым помещением ( $U$ -value=0,26 Вт/м<sup>2</sup>·°С).

### Потери тепловой энергии через оболочку здания

Расчет трансмиссионных потерь тепловой энергии на отопление  $Q_{отр}^r$ , кВт·ч/год, рассматриваемого многоквартирного жилого здания за отопительный период произведем по формуле:

$$Q_{отр}^r = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \sum_{(i)} \frac{A_i}{R_i} \cdot n, \quad (1)$$

где 0,024 – переводной коэффициент потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции из Вт·сут в кВт·ч (1 сут = 24 ч, 1 Вт = 0,001 кВт, 1 Вт·сут = 0,024 кВт·ч);

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, принятые для жилого здания, расположенного в Санкт-Петербурге, равные 4796 °С·сут/год (см. данные табл. 1);

$A_i$  – площадь  $i$ -го типа наружной ограждающей конструкции (стены, окна, покрытия и т.д.), принимаемая для рассматриваемого здания по таблице 2;

$R_i$  – приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го типа наружной ограждающей конструкции, принятого равным требуемому –  $R_0^{TP}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, из таблицы 3 в зависимости от группы требований по различным нормативам к уровню тепловой защиты, – по СП 50.13330.2012 ( $R_{СП}^{TP}$ ), СНиП 23-02-2003 ( $R_{СНиП}^{TP}$ ), National Building Code of Finland, Part D3 ( $R_{D3}^{TP}$ ) соответственно;

$n$  – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций (стен, окон, покрытия и т.п.) по отношению к наружному воздуху и уменьшающий разность температур для отдельного ограждения, которое не соприкасается с наружным воздухом; для наружных стен, окон и балконных дверей, совмещенного покрытия, перекрытий над проездами и под эркерами  $n$  принимается равным 1, для цокольного перекрытия над помещениями подземной автостоянки, с учетом температуры воздуха в них  $t_{\text{подз}} = 5^\circ\text{C}$ , коэффициент  $n$  рассчитан по формуле:

$$n = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{подз}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})} = \frac{(20 - 5)}{(20 - (-26))} = 0,33, \quad (2)$$

где  $t_{\text{в}}$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания,  $^\circ\text{C}$ , принимаемая по ГОСТ 30494 [6] для теплотехнического расчета ограждающих конструкций жилых зданий равной  $20^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{подз}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха в помещениях подземной автостоянки, принятая для рассматриваемого здания равной ( $t_{\text{подз}} = 5,0^\circ\text{C}$ );

$t_{\text{н}}$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года,  $^\circ\text{C}$ , принимаемая по СНиП 23-01 [4] равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92; для климатических условий Санкт-Петербурга принимаемая равной  $-26^\circ\text{C}$ .

Рассчитаем по формуле (1) для рассматриваемого многоквартирного жилого здания потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции за отопительный период, используя минимальные требования к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций, принятые из таблицы 3 по различным нормативным документам – СП 50.13330.2012 ( $Q_{\text{огр(СП)}}^{\text{г}}$ ), СНиП 23-02-2003 ( $Q_{\text{огр(СНиП)}}^{\text{г}}$ ), National Building Code of Finland, Part D3 ( $Q_{\text{огр(D3)}}^{\text{г}}$ ) соответственно.

Получим:

- по СП 50.13330.2012 –  $Q_{\text{огр(СП)}}^{\text{г}}$ , кВт·ч/год

$$\begin{aligned} Q_{\text{огр(СП)}}^{\text{г}} &= 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \sum_{(i)} \frac{A_i}{R_i^{\text{тр}}} \cdot n = \\ &= 0,024 \cdot 4796 \cdot \left( \frac{A_{\text{ст}}}{R_{\text{ст(СП)}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{ок}}}{R_{\text{ок(СП)}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{дв}}}{R_{\text{дв(СП)}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{покр}}}{R_{\text{покр(СП)}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{перекр}}}{R_{\text{перекр(СП)}}^{\text{тр}}} + n \cdot \frac{A_{\text{ц.перекр}}}{R_{\text{ц.перекр(СП)}}^{\text{тр}}} \right) = \\ &= 0,024 \cdot 4796 \cdot \left( \frac{21813,0}{1,94} + \frac{5862,8}{0,49} + \frac{45,3}{0,79} + \frac{1448,5}{3,68} + \frac{22,5}{3,68} + 0,33 \cdot \frac{1221,3}{1,34} \right) = \\ &= 2750189 \text{ (кВт} \cdot \text{ч/год)}; \end{aligned}$$

- по СНиП 23-02-2003 –  $Q_{\text{огр(СНиП)}}^{\text{г}}$ , кВт·ч/год

$$\begin{aligned} Q_{\text{огр(СНиП)}}^{\text{г}} &= 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \sum_{(i)} \frac{A_i}{R_i^{\text{тр}}} \cdot n = \\ &= 0,024 \cdot 4796 \cdot \left( \frac{A_{\text{ст}}}{R_{\text{ст(СНиП)}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{ок}}}{R_{\text{ок(СНиП)}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{дв}}}{R_{\text{дв(СНиП)}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{покр}}}{R_{\text{покр(СНиП)}}^{\text{тр}}} + \frac{A_{\text{перекр}}}{R_{\text{перекр(СНиП)}}^{\text{тр}}} + n \cdot \frac{A_{\text{ц.перекр}}}{R_{\text{ц.перекр(СНиП)}}^{\text{тр}}} \right) = \\ &= 0,024 \cdot 4796 \cdot \left( \frac{21813,0}{3,08} + \frac{5862,8}{0,51} + \frac{45,3}{0,79} + \frac{1448,5}{4,60} + \frac{22,5}{4,60} + 0,33 \cdot \frac{1221,3}{1,34} \right) = \\ &= 2208286 \text{ (кВт} \cdot \text{ч/год)}; \end{aligned}$$



- по стандарту National Building Code of Finland, Part D3 –  $Q_{огр(D3)}^Г$ , кВт·ч/год

$$Q_{огр(D3)}^Г = 0,024 \cdot ГСОП \cdot \sum_{(i)} \frac{A_i}{R_i^{тр}} \cdot n =$$

$$= 0,024 \cdot 4796 \cdot \left( \frac{A_{ст}}{R_{ст(D3)}^{тр}} + \frac{A_{ок}}{R_{ок(D3)}^{тр}} + \frac{A_{дв}}{R_{дв(D3)}^{тр}} + \frac{A_{покр}}{R_{покр(D3)}^{тр}} + \frac{A_{перекр}}{R_{перекр(D3)}^{тр}} + n \cdot \frac{A_{ц.перекр}}{R_{ц.перекр(D3)}^{тр}} \right) =$$

$$= 0,024 \cdot 4796 \cdot \left( \frac{21\,813,0}{5,88} + \frac{5\,862,8}{1,0} + \frac{45,3}{1,0} + \frac{1\,448,5}{11,11} + \frac{22,5}{11,11} + \frac{1\,221,3}{3,85} \right) =$$

$$= 1\,154\,656 \text{ (кВт} \cdot \text{ч/год)}.$$

Результаты расчета трансмиссионных потерь тепловой энергии в здании в течение отопительного периода приведены в таблице 4.

**Таблица 4. Годовой расход потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания за отопительный период в зависимости от минимальных требований к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций**

Результаты расчета по стандарту	Годовой расход тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции (трансмиссионные потери тепловой энергии)		
	кВт·ч/год	МДж/год*	Гкал/год**
СП 50.13330.2012	2 750 189	9 900 680	2 365
СНиП 23-02-2003	2 208 286	7 949 830	1 899
National Building Code of Finland, Part D3	1 154 656	4 156 762	993

В таблице 4 приняты следующие коэффициенты пересчета величин тепловой энергии:

1 кВт·ч/год=3600 кДж/год = 3,6 МДж/год;

1 кВт·ч/год=3600 кДж/год =  $3,6 \cdot 10^6$  Дж/год =  $3,6 \cdot 10^6 / 4,187$  ккал/год =  $3,6 \cdot 10^3 / 4,187$  Гкал/год =  $86 \cdot 10^{-5}$  Гкал/год.

Как видно из данных, представленных в таблице 4, наибольшие потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции за отопительный период (2 365 Гкал/год) наблюдаются для здания, спроектированного по своду правил СП 50.13330.2012 (актуализированной редакции СНиП 23-02-2003), наименьшие – по стандарту Финляндии (993 Гкал). Потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания, спроектированного по минимальным требованиям СНиП 23-02-2003 (1 899 Гкал), окажутся на 20% меньше потерь в здании, спроектированном по своду правил СП 50.13330.2012 (2 365 Гкал), введение в действие которого планируется в следующем году.

Для сравнения подходов разных стран к вопросам энергосбережения, потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания, построенного по нормам Финляндии (993 Гкал), окажутся на 58% (более чем в два раза) меньше, чем в здании, построенном по требованиям СП 50.13330.2012 (2 365 Гкал).

Следует отметить, что во всех европейских странах нормативы потребления тепловой энергии постоянно уменьшаются, а требования к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций, соответственно, возрастают [7]. В России, как видно из приведенного примера, противоположная ситуация.

#### **Экономическое сопоставление затрат на отопление**

Рассмотрим эту задачу с экономической точки зрения. Стоимость 1 Гкал для Санкт-Петербурга примем равной 1 175 руб. Умножим величину стоимости тепловой энергии (1 175 руб./Гкал) на годовые потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции, рассчитанные в течение одного отопительного периода при различном уровне теплоизоляции наружных ограждений (см. данные табл. 4). Результаты сравнительного экономического расчета для рассматриваемого многоквартирного жилого здания сведены в таблицу 5.

**Таблица 5. Годовая стоимость тепловой энергии на отопление здания при учете только потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции**

Результаты расчета по стандарту	Годовой расход тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции, Гкал/год	Годовая стоимость тепловой энергии на отопление здания при учете только трансмиссионных потерь, руб./год
СП 50.13330.2012	2 365	2 778 875
СНиП 23-02-2003	1 899	2 231 325
National Building Code of Finland, Part D3	993	1 166 775

Как следует из данных, представленных в таблице 5, с предполагаемым введением новых норм к уровню тепловой защиты (СП 50.13330.2012) жители рассматриваемого многоквартирного здания будут платить на 547 550 рублей больше, т.е. примерно по «лишней» тысяче рублей на квартиру. Но это только в первый год эксплуатации здания. Как известно, тарифы не стоят на месте. Среднегодовой рост тарифов на тепловую энергию в Санкт-Петербурге за последние 10 лет составил 15%. Это означает, что при сохранении динамики роста тарифов на тепловую энергию через пять лет тарифы вырастут в два раза, через 10 лет – в четыре раза, через 20 лет – в восемь раз, т.е. составят уже примерно 8 000 рублей на квартиру. И это с учетом того, что рост тарифов в год не превысит 15%. Такие расходы могут быть не под силу многим горожанам.

Из таблицы 5 также следует, что если уже сегодня мы примем требования к уровню тепловой защиты, равные требованиям стандарта по теплоизоляции Финляндии, то уже в первый год эксплуатации жилья (в лице управляющей домом компании) сэкономят 1 612 100 рублей (в год) по сравнению с затратами, обусловленными требованиями СП 50.13330.2012. При росте тарифов 15% в год через 5 лет эта разница будет составлять уже 3 224 200 рублей (в год), через 10 лет – 6 448 400 рублей (в год).

Произведем расчет стоимости тепловой энергии на отопление рассматриваемого здания только при учете трансмиссионных потерь тепловой энергии за 10, 30 и 50 лет эксплуатации при различном уровне тепловой защиты ограждающих конструкций (по стандартам СП 50.13330.2012, СНиП 23-02-2003, National Building Code of Finland, Part D3 соответственно) и с учетом динамики роста тарифов 15% в год. Результаты последовательного суммирования расходов жителей рассматриваемого здания на тепловую энергию при учете только трансмиссионных потерь тепловой энергии представлены в таблице 6.

**Таблица 6. Результаты последовательного суммирования расходов управляющей компании 25-этажного многоквартирного здания за тепловую энергию при учете только трансмиссионных потерь тепловой энергии (через наружную оболочку здания – стены, покрытие, окна и т.п.) с учетом среднегодового роста тарифов 15% в год**

Расчет по стандарту	Общие расходы жильцов многоквартирного здания за тепловую энергию, руб.			
	За первый год эксплуатации	За 10 лет эксплуатации	За 30 лет эксплуатации	За 50 лет эксплуатации
СП 50.13330.2012	2 778 875	56 421 495	1 208 102 419	20 057 131 320
СНиП 23-02-2003	2 231 325	45 304 194	970 057 714	16 105 070 772
National Building Code of Finland, Part D3	1 166 775	23 689 871	507 249 768	8 421 450 909

Примечание. Расходы жильцов здания на тепловую энергию за 10, 30, 50 лет эксплуатации, представленные в таблице 6, произведены по формуле геометрической прогрессии:

$$S_n = (a_1 - a_1 \cdot q^m) / (1 - q), \quad (3)$$

где  $a_1$  – расходы жильцов на тепловую энергию в первый год эксплуатации (2 778 875 руб., 2 231 325 руб., 1 166 775 руб. по различным нормативам, принятым для сравнения);

$q$  – среднегодовая норма роста тарифов на тепловую энергию для рассматриваемого примера  $q=1,15$  (15%);

$m$  – рассматриваемый период эксплуатации здания (10, 30 и 50 лет).

Таким образом, мы получаем, что за 10 лет эксплуатации управляющая зданием компания (ТСЖ, ЖСК и т.п.) при переходе на требования к уровню тепловой защиты согласно СП 50.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) по сравнению с требованиями «устаревшего» стандарта (СНиП 23-02-2003) потратит дополнительно 10,1 млн. рублей за тепловую энергию, за 30 лет эксплуатации – 238 млн. рублей, за 50 лет – почти 4 млрд. рублей. Полагаем, любое ТСЖ предпочтет потратить эти средства на более полезные мероприятия, например, на реконструкцию здания, текущий ремонт кровли и фасадов, замену вышедшего из строя оборудования, а не на то, чтобы отапливать пространство вокруг здания.

Напомним, что расчеты, представленные в таблице 6, выполнены для одного 25-этажного жилого многоквартирного здания.

Сравнение расходов жильцов здания на тепловую энергию за 10, 30 и тем более 50 лет эксплуатации при проектировании здания по российским (СНиП 23-02-2003, СП 50.13330.2012) и по финским (National Building Code of Finland, Part D3) нормативам представляется неуместным. Данные, представленные в таблице 6, отчетливо показывают различия двух стран в подходе к вопросам энергосбережения. Безусловно, Финляндия не обладает таким количеством природных ресурсов как Россия. Поэтому энергосбережение для Финляндии, как и для большинства других европейских стран, особенно с учетом постоянного (в долгосрочной перспективе) роста цен на энергоносители, является более актуальной проблемой и задачей. Стремясь понизить зависимость от поставщиков энергоресурсов, они развивают свой рынок инновационными продуктами, материалами и технологиями в области энергосбережения, все чаще используют для энергоснабжения зданий возобновляемые источники энергии (такие как солнечные коллекторы, ветроэнергетические установки, грунтовые насосы и т.д.). Европейские страны повышают требования к уровню теплоизоляции ограждающих конструкций, тем самым снижая энергопотребление зданий.

Рассмотрим выбранное нами типовое проектируемое здание в отношении затрачиваемых на его отопление топливно-энергетических ресурсов (далее по тексту – ТЭР).

### *Расход топливно-энергетических ресурсов при различных уровнях тепловой защиты*

Определим годовой расход ТЭР при различных требованиях к уровню тепловой защиты на примере того же 25-этажного жилого многоквартирного здания.

Годовой расход топливно-энергетических ресурсов в здании  $Q_{ТЭР}^r$ , килограмм условного топлива в год (далее по тексту, – кг.у.т./год), при учете только трансмиссионных потерь тепловой энергии, определим по формуле:

$$Q_{ТЭР}^r = (Q_{огр}^r \cdot 10^6) / Q_{усл.т} \quad (4)$$

где  $Q_{огр}^r$  – годовой расход тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания за отопительный период, Гкал/(год), принимается по данным таблицы 4;

$10^6$  – коэффициент пересчета годового расхода тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания за отопительный период из Гкал/год в ккал/год;

$Q_{усл.т}$  – теплота сгорания условного топлива, принимаемая равной 7000 ккал/кг.у.т.

По формуле (4) произведем расчет годового расхода ТЭР при учете потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания за отопительный период при различных требованиях к минимальному уровню тепловой защиты ограждающих конструкций.

Получим:

- по СП 50.13330.2012 –  $Q_{ТЭР(СП)}^r$ , кг.у.т./год

$$Q_{ТЭР(СП)}^r = (Q_{огр(СП)}^r \cdot 10^6) / Q_{усл.т} = 2\,365 \cdot 10^6 / 7\,000 = 337\,857 \text{ (кг у.т./год)};$$

- по СНиП 23-02-2003 –  $Q_{ТЭР(СНиП)}^r$ , кг.у.т./год

$$Q_{ТЭР(СНиП)}^r = (Q_{огр(СНиП)}^r \cdot 10^6) / Q_{усл.т} = 1\,899 \cdot 10^6 / 7\,000 = 271\,286 \text{ (кг у.т./год)};$$



- по National Building Code of Finland, Part D3 –  $Q_{ТЭР(D3)}^r$ , кг.у.т./год

$$Q_{ТЭР(D3)}^r = (Q_{отр(D3)}^r \cdot 10^6) / Q_{усл.т} = 993 \cdot 10^6 / 7\,000 = 141\,857 \text{ (кг у.т./год)}.$$

Необходимо отметить, что расчет ТЭР по формуле (4) учитывает только потери при отоплении непосредственно в здании. С учетом того, что, дополнительно к трансмиссионным затратам, значительная часть тепловой энергии расходуется на транспортировку теплоносителя от котельной к зданию, а также на производство тепловой энергии в котельной, то реально суммарные затраты ТЭР будут для рассматриваемого здания в 2-2,5 раза выше рассчитанных по формуле (4). Результаты расчета представлены в таблице 7.

**Таблица 7. Годовые затраты ТЭР на обеспечение эксплуатационных расходов по тепловой энергии для 25-этажного многоквартирного жилого здания при учете только трансмиссионных потерь тепловой энергии, кг.у.т./год**

Результаты расчета по стандарту	Годовой расход тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции, Гкал/год	Годовой расход ТЭР на отопление здания при учете только трансмиссионных потерь тепловой энергии, кг.у.т./год
СП 50.13330.2012	2 365	337 857
СНиП 23-02-2003	1 899	271 286
National Building Code of Finland, Part D3	993	141 857

В таблице 7 представлены результаты расчета ТЭР, расходуемых непосредственно в здании. С учетом потерь тепловой энергии при производстве и транспортировке ТЭР затраты первичных ресурсов (нефти, газа и т.п.) будут в несколько раз выше по сравнению с данными, представленными в таблице.

Произведем расчет ТЭР на отопление рассматриваемого здания только при учете трансмиссионных потерь тепловой энергии за 10, 30 и 50 лет эксплуатации здания при различном уровне тепловой защиты ограждающих конструкций (по стандартам СП 50.13330.2012, СНиП 23-02-2003, National Building Code of Finland, Part D3 соответственно). Результаты последовательного суммирования затрат ТЭР представлены в таблице 8.

**Таблица 8. Результаты последовательного суммирования затрат ТЭР на отопление 25-этажного многоквартирного жилого здания при учете только трансмиссионных потерь тепловой энергии за 10, 30 и 50 лет эксплуатации здания**

Расчет по стандарту	Затраты ТЭР на отопление рассматриваемого здания, кг.у.т.			
	За первый год эксплуатации	За 10 лет эксплуатации	За 30 лет эксплуатации	За 50 лет эксплуатации
СП 50.13330.2012	337 857	3 378 570	10 135 710	16 892 850
СНиП 23-02-2003	271 286	2 712 860	8 138 580	13 564 300
National Building Code of Finland, Part D3	141 857	1 418 570	4 255 710	7 092 850

Из данных, представленных в таблице 8, следует, что за 10 лет эксплуатации при переходе на стандарт СП 50.13330 в рассматриваемом здании будет дополнительно затрачено  $(3\,378\,570 - 2\,712\,860) = 665\,710$  кг.у.т.  $\approx 665,7$  тонн условного топлива (далее по тексту – т.у.т.), а с учетом затрат на производство и транспортировку ТЭР – минимум 1 331,4 т.у.т. За 50 лет эксплуатации при новых, «облегченных» стандартах дополнительные потери ТЭР в рассматриваемом здании через наружные ограждения составят примерно 3 280 т.у.т., а с учетом их транспортировки и производства – более 6 560 т.у.т. И это результаты в отношении только одного многоквартирного жилого здания.

## Заключение

В европейских странах тренд на проектирование и строительство зданий с низким потреблением энергии является в настоящее время определяющим вектором развития строительной отрасли [6-8]. Во всех странах мира с целью снижения потребления зданиями тепловой энергии требования к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций (стен, окон, покрытий и др.) постоянно повышаются, что стимулирует разработку инновационных энергоэффективных инженерных технологий и строительных материалов.

Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании

В настоящее время в нашей стране уже появляется интерес к проектированию и строительству зданий с низким и нулевым потреблением энергии. Появляются монографии и публикации на эту тему [10-14]. Многие понимают, что запасы нефтяных и газовых ресурсов не бесконечны. Это означает, что стоимость энергоресурсов в долгосрочной перспективе будет только возрастать [15-20]. Соответственно, будут возрастать затраты на эксплуатацию зданий, увеличиваться энергетическая составляющая производимых товаров и предоставляемых услуг. В Российской Федерации уже реализуются программы по энергосбережению в зданиях не только в мегаполисах, но и на региональном уровне.[21, 22].

В данной статье для различных уровней тепловой защиты многоквартирного жилого здания расчетным методом был произведен анализ потерь тепловой энергии через оболочку здания, оценен расход топливно-энергетических ресурсов, экономически сопоставлены затраты на отопление зданий с различным уровнем теплоизоляции ограждающих конструкций. По итогам исследования получены следующие результаты.

1. Чем выше уровень теплоизоляции ограждающих конструкций здания, тем меньше оказываются потери тепловой энергии на его отопление в течение отопительного периода. Из этого следует, что меньше тепла требуется подвести к отопительным приборам здания, и расходы жильцов за отопление, особенно в случае установки приборов учета тепловой энергии (общедомовых или поквартирных) могут оказаться значительно ниже.
2. Потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания, построенного по минимальным требованиям свода правил СП 50.13330.2012, введение в действие которого планируется с 2013 года, окажутся на 20% больше по сравнению с аналогичным зданием, при проектировании которого приняты минимальные требования из действующего стандарта по тепловой защите СНиП 23-02-2003.
3. Потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания, построенного по минимальным требованиям к уровню тепловой защиты согласно свода правил СП 50.13330.2012, окажутся на 58% (более чем в два раза) больше по сравнению со зданием, построенным согласно минимальным требованиям стандарта Финляндии (National Building Code of Finland, Part D3), – страны близкой к северо-западу России по климатическим условиям (продолжительности отопительного периода и средней температуры наружного воздуха за отопительный период).
4. С предполагаемым введением новых норм к уровню тепловой защиты для ограждающих конструкций (СП 50.13330.2012) жители рассматриваемого в статье 25-этажного многоквартирного здания в первый год эксплуатации будут платить на 547 550 рублей больше по сравнению с жителями здания, построенного по минимальным требованиям СНиП 23-02-2003, и на 1 612 100 рубля больше по сравнению с жителями здания, построенного по минимальным требованиям к уровню тепловой защиты (теплоизоляции) из стандарта Финляндии (National Building Code of Finland, Part D3).
5. За 10 лет эксплуатации управляющая зданием компания (ТСЖ, ЖКС и т.п.) при переходе на требования к уровню тепловой защиты согласно СП 50.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) по сравнению с требованиями действующего стандарта (СНиП 23-02-2003) потратит дополнительно 10,1 млн. рублей за тепловую энергию, за 30 лет эксплуатации – 238 млн. рублей, за 50 лет – почти 4 млрд. рублей с учетом среднегодового роста тарифов на тепловую энергию не более 15%.
6. За 10 лет эксплуатации при переходе на требования стандарта СП 50.13330 в рассматриваемом многоквартирном жилом здании будет дополнительно затрачено 665,7 т.у.т., а с учетом затрат на производство и транспортировку ТЭР к зданию – минимум 1 331,4 т.у.т. За 50 лет эксплуатации при новых, «облегченных» стандартах к уровню тепловой защиты дополнительные потери ТЭР в здании через наружные ограждения составят примерно 3 280 т.у.т., а с учетом их транспортировки к зданию и производства – более 6 560 т.у.т. (6,56 млн кг.у.т.). Эти бесполезные потери ТЭР будут затрачены на нагрев температуры наружного воздуха вблизи эксплуатируемого здания, помещения котельной, теплотрасс (проталины на земле в месте прокладки трубопроводов), т.е. будут «выброшены» на улицу.

## Литература

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, – предполагается к введению в действие с 2013 года).
2. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий (действующая редакция).
3. National Building Code of Finland, Part D3.
4. СНиП 23-01-99\*Строительная климатология (действующая редакция).
5. Токио. Информация об объекте [Электронный ресурс] / Инвестиционно-строительная компания SelfCity. URL: <http://setlcity.ru/projects/builds/live/id58/> (дата обращения: 03.12.12).
6. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
7. Сормунен П. Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал. 2010. №1. С. 7-8.
8. Jormalainen J., Käkälä P. Sustainability of Polyurethane Thermal Insulation // 9-th Nordic Symposium on Building Physics. 2011. Tampere, Finland.
9. Life cycle environmental and economic analysis of polyurethane insulation in low energy buildings. BRE Global 2010 Client report number 254–665. Brussels, Belgium. 121 p.
10. Шилкин Н. В. «Пассивные» здания: возможности современного строительства // Энергосбережение. 2011. №4. С. 34–40.
11. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 100 с.
12. Дмитриев А. Н. Пассивные здания. Перспективы проектирования и строительства зданий с низким уровнем энергопотребления // СтройПРОФиль. 2005. №2-1. С. 23-24.
13. Ehhort H., Reiss J., Hellwig R. Энергоэффективные здания. Анализ современного состояния и перспектив развития на основе реализованных проектов // АВОК. 2006. №2. С. 36–49.
14. Орлов О., Следь И., Петров К., Рысь И., Урустимов А. Конкурс «Архитектурная концепция здания с нулевым потреблением энергии» // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №1. С. 53-60.
15. Кононов Ю. Д., Кононов Д. Ю. Долгосрочное прогнозирование динамики цен на российских энергетических рынках // Проблемы прогнозирования. 2005. №6. С. 53-60.
16. Азарова А. И. Изменение спроса и цены на энергоносители // Проблемы учета и финансов. 2012. №2. С. 65-74.
17. Кононов Ю. Д. Прогноз цен и спроса на энергоносители в предпринимательской деятельности // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2011. №6. С. 33-33.
18. Суслов Н. И., Черная Н. В. Тенденции соотношения цен на энергоносители: ретроспективный анализ // Регион: Экономика и Социология. 2010. №4. С. 264-274.
19. Воронина Н. В. Прогноз динамики мировых цен на нефть // Российский внешнеэкономический вестник. 2006. №4. С. 27-41.
20. Ильенко И. В., Кислова Л. П. Динамика цен на нефть и ее влияние на экономику России // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. №3. С. 22-23.
21. Аверьянов В. К. [и др.] Региональная концепция обеспечения энергетической эффективности жилых и общественных зданий // Жилищное строительство. 2012. №3. С. 2-4.
22. Горшков А. С., Байкова С. А., Крянев А. С. Нормативное и законодательное обеспечение государственной программы об энергосбережении и повышении энергетической эффективности зданий и пример ее реализации на региональном уровне // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад. 2012. №3. С. 24-32.

*\*Александр Сергеевич Горшков, Санкт-Петербург, Россия*

*Тел. моб.: +7(921) 388-43-15; эл. почта: [alsgor@yandex.ru](mailto:alsgor@yandex.ru)*

© Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С., 2012

doi: 10.5862/MCE.34.1

## Influence of building envelope thermal protection on heat loss value in the building

**N.I. Vatin,****D.V. Nemova,***Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia;***P.P. Rymkevich,***Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg, Russia;***A.S. Gorshkov,***Saint-Petersburg State University of Technology and Design, Saint-Petersburg, Russia**+7(921) 388-43-15; e-mail: alsgor@yandex.ru*

### Key words

energy saving; transmission heat losses; apartment building

### Abstract

The research presents the calculations for the heat losses through the envelope of the apartment building. The calculations are provided for different levels of insulation of enclosing structures (i.e. wall, windows, roof etc) according to three normative documents: Set of rules 50.13330.2012 (rus), Construction Norms and Regulations 23-02-2003 (rus) and National Building Code of Finland, Part D3 (fin). The impact of level of thermal protection of external enclosure structures on the values of heat losses, the operating costs and the costs of fuel and energy resources during the heating period (for 10, 30 and 50 years of upkeep of buildings) on the example of the one habitable apartment building is analyzed.

Calculation of payback periods of the energy saving actions directed on increase of level of thermal protection of external enclosure structures of buildings is given. Economic efficiency of investments in energy saving measures is analyzed.

### References

1. *SP 50.13330.2012 Teplovaya zashchita zdaniy* [Heat protection of buildings. Actualized edition of SNiP 23-02-2003, – it is supposed to enact since year 2013]. (rus)
2. *SNiP 23-02-2003 Teplovaya zashchita zdaniy* [Heat protection of buildings. The current edition]. (rus)
3. *National Building Code of Finland, Part D3*.
4. *SNiP 23-01-99\* Stroitel'naya klimatologiya* [Building climatology. The current edition]. (rus)
5. *Tokio. Informatsiya ob obyekte. Investitsionno-stroitel'naya kompaniya SetlCity* [Tokyo: object information. Construction Company SetlCity]. URL: <http://setlcity.ru/projects/builds/live/id58/>. (rus)
6. *GOST 30494-96 Zdaniya zhilyye i obshchestvennyye. Parametry mikroklimata v pomeshcheniyakh*. [Apartment and administrative buildings. Microclimate parameters in the room] (rus)
7. Sormunen P. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No. 1. Pp. 7-8. (rus)
8. Jormalainen J., Käkälä P. Sustainability of Polyurethane Thermal Insulation. *9-th Nordic Symposium on Building Physics*. 2011. Tampere, Finland.
9. *Life cycle environmental and economic analysis of polyurethane insulation in low energy buildings. BRE Global 2010 Client report number 254–665*. Brussels, Belgium. 121 p.
10. Shilkin N.V. *Energoberezheniye*. 2011. No.4. Pp. 34–40. (rus)
11. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M., Shilkin N. V. *Energoeffektivnyye zdaniya* [Energy-efficient buildings]. Moscow: AVOK-PRESS, 2003. 100 p. (rus)
12. Dmitriyev A. N. *StroyPROfil*. 2005. No. 2-1. Pp. 23 – 24. (rus)
13. Ehort H., Reiss J., Hellwig R. *AVOK*. 2006. No. 2. Pp. 36–49. (rus)
14. Orlov O., Sled I., Petrov K., Rys I., Urustimov A. *Konkurs Stroitel'stvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy*. 2012. No. 1. Pp. 53-60. (rus)
15. Kononov Yu. D., Kononov D. Yu. *Problemy prognozirovaniya*. 2005. No. 6. Pp. 53-60. (rus)
16. Azarova A. I. *Problemy ucheta i finansov*. 2012. No. 2. Pp. 65-74. (rus)

Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Influence of building envelope thermal protection on heat loss value in the building

17. Kononov Yu. D. *Izvestiya Irkutskoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy akademii*. 2011. No. 6. Pp. 33-33. (rus)
18. Suslov N. I., Chernaya N. V. *Region: Ekonomika i Sotsiologiya*. 2010. No. 4. Pp. 264-274. (rus)
19. Voronina N. V. *Rossiyskiy vneshneekonomicheskij vestnik*. 2006. No. 4. Pp. 27-41. (rus)
20. Ilyenko I. V., Kislova L. P. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2010. No. 3. Pp. 22-23. (rus)
21. Averyanov V. K. et al. *Zhilishchnoye stroitelstvo*. 2012. No. 3. Pp. 2-4. (rus)
22. Gorshkov A. ., Baykova S. A., Kryanev A. S. *Inzhenernyye sistemy. AVOK Severo-Zapad*. 2012. No. 3. Pp. 24-32. (rus)

**Full text of this article in Russian: pp. 4-14**