

ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Владимир Геннадиевич Гагарин

Научно-исследовательский институт строительной физики
РААСН, заведующий лабораторией, д.т.н., проф.

АННОТАЦИЯ

Дан обзор нормативных документов в области тепловой защиты зданий в России. Проводится сопоставление метода расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с методами, используемыми в Западной Европе и Китае. Рассмотрен расчет потребления энергии зданием на отопление и вентиляцию и его нормирование, необоснованно исключенные из обязательных к применению при проектировании зданий. Приведены аргументы в пользу введения этого расчета и нормирования в обязательные, что позволит добиться повышения энергоэффективности проектируемых зданий. Даны предложения по внесению изменений в СП 50.13330.2012.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тепловая защита зданий, энергосбережение, приведенное сопротивление теплопередаче, удельная теплозащитная характеристика, удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.

1. Введение

С 1 июля 2015 г. на территории России стал обязательным к применению СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [1] в части нормирования и расчета показателей тепловой защиты зданий. СП содержит новые для отечественных инженеров методики расчета тепловой защиты зданий, которые были гармонизированы с методиками, применяемыми за рубежом, что позволяет сравнивать отечественные и зарубежные нормативные требования.

Следует отметить, что требуемые значения нормируемых величин практически не изменились. В связи с этим у инженеров возникают вопросы о сопоставлении отечественного СП с зарубежными аналогами. Естественно, что сопоставление необходимо проводить с нормативной базой стран с холодным климатом. Учитывая тот известный факт, что зимние условия эксплуатации зданий становятся в Евразии все более суровыми не с юга на север, а с запада на восток до Якутии, стран с холодным климатом на континенте имеется четыре: Россия, Казахстан, Монголия и Китай. Нормативные требования именно в этих странах и имеет смысл сравнивать между собой. Традиционно считается, что повышение требований к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций, особенно стен, является главным и едва ли не единственным способом энергосбережения в зданиях. Хотя это и не совсем верно, но доклад посвящен обсуждению этого параметра.

Основное внимание специалистов при разработке и обсуждении актуализированной редакции СНИП было обращено на нормирование теплозащиты и расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.

В актуализированной редакции СНИП нормирование теплозащиты зданий и расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий осуществляется тремя видами требований: поэлементные требования к теплозащите ограждающих конструкций, требования к теплозащите оболочки здания (к совокупности всех наружных ограждающих конструкций) и требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания.

2. Поэлементные требования к ограждающим конструкциям

Традиционно считается, что повышение требований к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций, особенно стен, является главным и едва ли не единственным способом энергосбережения в зданиях. Следует отметить, что подход к энергосбережению в зданиях исключительно за счет повышения требуемого сопротивления теплопередаче стен является

тупиковым и экономически необоснованным. Ссылки на зарубежный опыт в данном вопросе несостоятельны, поскольку в зарубежных нормах нормируются коэффициенты теплопередаче только по глади конструкции (т.н. значения U), т.е. без учета теплопроводных включений. Этим и объясняются те, кажущиеся высокими требования к теплозащите, которые там представлены. Теплопроводные включения нормируются отдельно и в большинстве случаев не полно, учет влияния теплопроводных включений при проектировании ограждающих конструкций в большинстве стран неудовлетворителен. Так, в обзоре [2] отмечено, что соответствующие расчеты не проверяются в Норвегии, Финляндии, Бельгии, Нидерландах, Германии, Франции и других странах. В ряде стран отсутствуют требования к часто встречающимся в ограждающих конструкциях теплотехническим неоднородностям, или вообще отсутствуют соответствующие методы оценки их влияния. Например, в нормах Дании [3] указаны требования только к трем видам теплотехнических неоднородностей из десятка возможных. В Польше, Греции и некоторых других странах отсутствуют методы оценки влияния теплотехнических неоднородностей, а в расчетах они просто не учитываются. Эти обстоятельства приводят к повышенному расходу теплоизоляционных материалов, который, однако, не приводит к адекватному повышению реальных теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Кроме того, в Европе не учитывается эксплуатационная влажность теплоизоляционных материалов, что приводит к занижению на 20-25% расчетных значений коэффициентов теплопроводности теплоизоляционных материалов и к неоправданно заниженным значениям U проектируемых в Европе ограждающих конструкций по сравнению с проектируемыми по Российским нормам. В России же нормируется приведенное сопротивление теплопередаче, R_o^{np} , отражающее влияние всех теплопроводных включений, при этом расчетная теплопроводность строительных материалов принимается с учетом их эксплуатационной влажности.

При нормировании приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в актуализированном СНиП принято традиционное требование:

$$R_o^{np} \geq R_o^{норм}, \text{ где } R_o^{норм} = R_o^{mp} \cdot m_p, \quad (1)$$

здесь $R_o^{норм}$ – нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; R_o^{mp} – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, принимаемое в зависимости от градусо-суток отопительного периода (табл.1) по известной таблице [1]; m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, принимаемый для стен не менее $m_p = 0,63$, для светопрозрачных конструкций не менее $m_p = 0,95$, для остальных ограждающих конструкций не менее $m_p = 0,80$. Повышение данных значений коэффициента m_p для конкретного региона должно быть обосновано экономическим расчетом.

Нормирование по формулам (1) не отличается от СНиП [1]. Новым является только введение коэффициента m_p . Этот коэффициент поможет согласовать различные мнения относительно нормирования приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. В тех регионах, где руководство решительно настроено на увеличение потребления теплоизоляционных материалов, коэффициент m_p может быть повышен.

Таблица 1

Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты	Градусо-сутки отопления	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче R_o^{mp} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций
----------------------------------	-------------------------	--

<i>a и b</i>	тельного периода ГСОП, °С·сут/г од	Стен	Покры- тий и пере- крытий над проез- дами	Пере- крытий чердач- ных, над неотап- ливае- мыми подпо- льями и подва- лами	Окон и бал- кон- ных две- рей, витрин и вит- ражей	Фонарей
1	2	3	4	5	6	7
1 Жилые, ле- чебно- профилакти- ческие и дет- ские учре- ждения, шко- лы, интерна- ты, гостини- цы и общежи- тия	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
<i>a</i>	—	0,000 35	0,0005	0,00045	—	0,000025
<i>b</i>	—	1,4	2,2	1,9	—	0,25
2 Обществен- ные, кроме указанных выше, адми- нистративные	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5

и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимами	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
<i>a</i>	—	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
<i>b</i>	—	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3 Производственные с сухим и нормальным режимами*	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
<i>a</i>	—	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
<i>b</i>	—	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

Реальное ужесточение поэлементных требований в актуализированной редакции СНиП заключается в том, что в качестве обязательного приложения представлен значительно модернизированный метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Дело в том, что метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче, представленный в [4], является по существу полуэмпирическим и зачастую дает завышенные результаты, вследствие неполного учета всех теплопроводных включений, имеющих в современных ограждающих конструкциях, а для ряда современных конструкций просто неприменим. Теоретическое обоснование модернизированного метода расчета (давно применяемого в НИИСФ) приведено в [5]. Также этот метод расчета гармонизирован с методами, применяемыми в ФРГ, что позволяет сравнивать данные об удельных потерях теплоты через линейные теплопроводные включения, с имеющимися в [6]. Ограждающая конструкция представляется в

виде набора независимых друг от друга элементов, среди которых имеются плоские (гладь конструкции), линейные (оконные откосы, торцы перекрытий и т.д.) и точечные (кронштейны, дюбели) теплотехнические неоднородности. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции рассчитывается по формуле:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\sum U_i a_i + \sum \Psi_j l_j + \sum \chi_k n_k}, \quad (2)$$

$$a_i = \frac{A_i}{A} \quad l_j = \frac{L_j}{A} \quad n_k = \frac{N_k}{A},$$

где: U_i , A_i – удельные потоки теплоты через плоские элементы и площади этих элементов, Вт/(м² °C) и м² соответственно; Ψ_j , L_j – удельные потоки теплоты через линейные элементы и соответствующая длина этих элементов во фрагменте, Вт/(м °C) и м соответственно; χ_k , N_k – удельные потоки теплоты через точечные элементы, и количество этих элементов во фрагменте, Вт/°C и штук соответственно.

Параметр U определяется известным способом, а параметры Ψ и χ определяются по расчету температурных полей или по заранее составленным таблицам. Метод расчета этих параметров указан в обязательном приложении к СНиП. Для повышения доступности метода расчета приведенного сопротивления теплопередаче здания в НИИСФ был разработан СП со значениями удельных потоков теплоты через теплотехнические неоднородности [10]. Этот СП содержит характеристики около 50 неоднородностей. Использование СП позволяет упростить расчет и выполнять его без использования компьютера.

К поэлементным требованиям в актуализированной редакции СНиП относятся также санитарно-гигиенические требования невыпадения конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций в местах расположения теплопроводных включений и ограничения температуры на поверхностях заполнения светопроемов.

Остальное содержание поэлементных требований мало отличается от требований [1].

3. Требование к оболочке здания

Обоснование нормирования теплозащиты оболочки здания выполнено в [7 и 9]. Потери теплоты через оболочку здания описываются при небольшом упрощении формулой:

$$Q = \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) \cdot ГСОП \cdot 24 / 1000 \quad (3)$$

Преобразование этого уравнения дает:

$$\begin{aligned} Q &= 0,024 \cdot ГСОП \cdot \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) = \\ 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot \frac{A_n^{сум}}{V_{от}} \cdot \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) / A_n^{сум} &= \\ = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot K_{комп} \cdot K_{общ} &= 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot k_{об} \end{aligned} \quad (4)$$

здесь

$$k_{об} = K_{комп} \cdot K_{общ} \quad (5)$$

$$K_{комп} = \frac{A_n^{сум}}{V_{от}}, \quad K_{общ} = \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) / A_n^{сум} \quad (6)$$

где Q – потери теплоты через оболочку здания за отопительный период, кВт·ч/год; A_i – площади наружных ограждений, м²; $R_{o,i}^{np}$ – приведенные сопротивления теплопередаче соответствующих наружных ограждений, м² · °С/Вт; ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут./год; $V_{от}$ – отапливаемый объем здания, ограниченный внутренними поверхностями совокупности наружных ограждающих конструкций, м³; $A_n^{сум}$ – суммарная площадь всех наружных ограждающих конструкций, м².

Величина $k_{об}$, определяемая уравнением (5), – удельная характеристика, которую предложено называть «теплозащитной», Вт/(м³·°С). Физический смысл этого параметра заключается в том, что он численно равен количеству тепловой энергии, теряемой 1 м³ отапливаемого объема здания в единицу времени (в 1 с) по-

средством теплопередачи через оболочку здания при перепаде температуры воздуха в $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Если умножить удельную теплозащитную характеристику на ГСОП и на размерный коэффициент 0,024, то получится количество тепловой энергии в кВт·ч, которое теряется через оболочку здания 1 м^3 отапливаемого объема за отопительный период, т.е. «удельный расход энергии на отопление здания», обусловленный теплопотерями через оболочку здания, отнесенный к 1 м^3 , если это количество еще умножить на высоту этажа, h , то получится «удельный расход тепловой энергии на отопление здания», обусловленный теплопотерями через оболочку здания и измеряемый в кВт·ч/(м²·год). Эти значения удельного расхода энергии можно использовать в последующих расчетах. Однако для нормирования удельного расхода энергии через оболочку здания следует использовать удельную теплозащитную характеристику, поскольку она не зависит от климатических параметров региона эксплуатации здания.

Удельную теплозащитную характеристику здания (под другим названием) было предложено использовать для нормирования теплопотерь через оболочку здания еще в 30-х годах XX века [8]. Можно отметить, что попытки нормировать общий коэффициент теплопередачи оболочки здания $K_{общ}$ (например, в МГСН 2.01-99) или коэффициент компактности здания $K_{комп}$ (рекомендации п.5.14 в СНиП 23-02-2003), нельзя признать состоятельными, поскольку они не полностью характеризуют теплозащитные свойства оболочки здания, в отличие от удельной теплозащитной характеристики здания $k_{об}$.

Нормирование удельной теплозащитной характеристики здания в актуализированной редакции СНиП осуществляется путем сравнения: расчетная величина должна быть не больше нормируемой (требуемой): $k_{об} \leq k_{об}^{мп}$. Предложенные значения требуемой удельной теплозащитной характеристики в таблице 2, их можно также рассчитать по формуле:

$$k_{об}^{mp} = \begin{cases} \frac{4,74}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{ом}}} & V_{ом} \leq 960 \\ \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{ом}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} & V_{ом} > 960 \end{cases} \quad (7)$$

Если здание имеет форму, близкую к эталонной, и сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания близки к нормируемым значениям, то его теплозащитная характеристика не превысит требуемое значение, определенное по формуле (6). Если же здание будет иметь более сложную форму, например, развитую поверхность стен, то его теплозащитная характеристика может превосходить требуемое значение. Тогда для удовлетворения рассматриваемого требования необходимо будет увеличить сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций здания.

Таблица 2

Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания

Отапливаемый объем здания, $V_{ом}$, м ³	Значения $k_{об}^{mp}$, Вт/(м ³ · °С), при значениях ГСОП, °С·сут/год				
	1000	3000	5000	8000	12000
300	0,957	0,708	0,562	0,429	0,326
600	0,759	0,562	0,446	0,341	0,259
1200	0,606	0,449	0,356	0,272	0,207
2500	0,486	0,360	0,286	0,218	0,166
6000	0,391	0,289	0,229	0,175	0,133
15000	0,327	0,242	0,192	0,146	0,111
50000	0,277	0,205	0,162	0,124	0,094
200000	0,269	0,182	0,145	0,111	0,084

4. Требование к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

В СНиП 23-02-2003 нормирование расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания осуществлялось при помощи показателя «удельного расхода тепловой энергии на отопление здания», q_h^{req} , кДж/(м³ °С сут) или кДж/(м² °С сут). Единицы измерения этого показателя являются несистемными и плохо отражающими его физическую сущность. Анализ показал:

$$\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут}) = \frac{1000}{24 \cdot 3600} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°С}} = 0,0116 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°С}).$$

Следовательно, фактически этот показатель является удельной характеристикой, смысл которой пояснен выше. Поэтому в актуализированной редакции нормируется соответствующая «удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий», q_{om}^{mp} , Вт/(м³·°С), нормируемые значения которой получаются умножением на 0,0116 соответствующих значений табл. 9 из СНиП 23-02-2003. Кроме того, в пяти строках таблицы 9 из СНиП 23-02-2003 нормируемый показатель представлен в единице измерения Вт/(м³·°С) и только в первой строке дополнительно в Вт/(м²·°С). Значения этих показателей в первой строке соответствуют друг другу только при определенной высоте этажа, причем различной при различной этажности зданий. Поэтому, принято решение оставить в этой строке значение q_{om}^{mp} только в единице измерения Вт/(м³·°С) (табл.3). При необходимости его можно пересчитать в Вт/(м²·°С) путем умножения на высоту этажа.

В актуализированной редакции СНиП выполнено совершенствование расчета показателя расхода тепловой энергии на отопление здания. Анализ методики расчета «удельного расхода тепловой энергии на отопление здания», используемой в СНиП 23-02-2003, показал, что этот параметр «удельным расходом тепловой энергии» не является и расчетная величина, q_{om}^p , фактически также измеряется в Вт/(м³·°С), является удельной характеристикой и представляется в виде:

$$q_{om}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot v \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h \quad (8)$$

где $k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°C), определяемая по формуле (5); $k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м³·°C); $k_{быт}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений в здании, Вт/(м³·°C); $k_{рад}$ – удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³·°C); β_h , v , ζ , ξ – коэффициенты, определенные в приложении Г в [1], которые характеризуют систему отопления и не связаны со свойствами ограждающих конструкций.

Расчетные формулы для $k_{вент}$, $k_{быт}$ и $k_{рад}$ выводятся из формул методики расчета, изложенной в приложении Г СНиП 23-02-2003.

Требование к значению параметра q_{om} здания выглядят традиционно: расчетное значение должно быть не больше нормируемой величины: $q_{om}^p \leq q_{om}^{mp}$.

Таблица 3

Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период q_{om}^{mp} , Вт/(м³·°C)

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1. Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
2. Обще-ственные, кроме перечисленных в строках 3–6 таблицы	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3. Поликли-	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	-

ники и лечебные учреждения, дома-интернаты								
4. Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	-	-	-	-	-
5. Сервисного обслуживания, культурно-досуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	-		
6. Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

По рассчитанному значению удельной характеристики расхода тепловой энергии (8) можно вычислить удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию по формулам:

$$q = 0,024 \cdot ГСОП \cdot q_{om}^p, \text{ кВт ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год}), \quad (9)$$

$$q = 0,024 \cdot ГСОП \cdot q_{om}^p \cdot h, \text{ кВт ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год}). \quad (9a)$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания зависит от климатических характеристик региона строительства (ГСОП), в отличие от удельной характеристики. Подробнее данная методика описана в [9].

Формула (8) показывает, что удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания является линейной комбинацией четырех удельных характеристик здания. При этом используется четыре коэффициента, значения которых назначены с неизвестной погрешностью и из соображений, практически не связанных с ограждающими конструкциями. Кроме этого, три из четырех удельных характеристик в правой части (7) существенно зависят от особенностей эксплуатации

здания и не могут быть адекватно рассчитаны на стадии проектирования. На этом фоне удельная теплозащитная характеристика здания не может быть достаточно точно спрогнозирована на стадии проектирования, поскольку в расчет этой характеристики не входят климатические показатели, особенности поведения жильцов дома, надежность работы системы отопления и т.д. Это обстоятельство явилось предпосылкой для ее отдельного нормирования, что и было реализовано в актуализированной редакции СНиП, как описано выше.

5. Заключение

В описанной системе нормирования теплозащиты и удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий в актуализированном СНиП «Тепловая защита зданий» повышение требований к энергетической эффективности зданий осуществляется за счет:

- нормирования метода расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций;
- нормирования удельной теплозащитной характеристики здания.

Эти мероприятия позволят задействовать резервы повышения теплозащиты зданий в основном за счет:

- проектирования конструкций с пониженным влиянием теплотехнических неоднородностей;
- проектирования зданий с оптимальными архитектурно-планировочными решениями.

В то же время они не вызовут существенного удорожания стоимости строительства.

Одним из важнейших направлений развития СП «Тепловая защита зданий» является продолжение разработки СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей» [10].

Методика расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий по своему содержанию практически соответствует методике в СНиП 23-02-2003 (с небольшими изменениями, в частности ликвидирована ошибка

определения площади), но по форме видоизменена с целью удобства использования ее в практических расчетах и анализах расхода тепловой энергии. Однако данная методика нуждается в существенной модернизации. Требуют пересмотра коэффициенты, используемые в данной методике. Необходимо модернизировать учет бытовых тепловыделений и поступлений от солнечной радиации. Представляется необходимым переход зависимости от этажности, при нормировании удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, к зависимости от объема здания.

Список использованных источников

1. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М., Минрегион России. 2012.
2. Marco Citterio, Manuela Cocco, Heike Erhorn-Kluttig, Thermal bridges in the EBPД context: overview on MS approaches in regulations. // EBPД Buildings Platform. P64, 28-4-2008.
3. Byggningsreglementet 2010.
(<http://www.ebst.dk/byggningsreglementet.dk/forside/0/2>)
4. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».
5. Гагарин В.Г., Козлов В.В. «Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций». // Строительные материалы. 2010, №12, стр. 4–12.
6. DIN 4108 Beiblatt 2. Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele.
7. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания. // Журнал АВОК. 2010. №4, стр. 52–60.
8. Нормы определения теплопотерь через ограждения зданий и расчетных температур. ОСТ 90008-39. Комитет по делам строительства при СНК Союза ССР. М.-Л. 1939.
9. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного

СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство. 2011, №8, стр. 2–6.

10. СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей». Минстрой России. 2015.