

## **ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОЗАЩИТЕ И ПОТРЕБЛЕНИЮ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ В РОС- СИЙСКОЙ АКТУАЛИЗИРОВАННОЙ РЕДАКЦИИ СНиП "ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ"**

Гагарин В.Г.

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН  
г. Москва, Россия

**АННОТАЦИЯ:** У статті викладено інформацію про актуалізовану редакцію СНіП 23-02, а саме питання стосовно нормування теплозахисту та витрати теплової енергії на опалення та вентиляцію будівель.

**АННОТАЦИЯ:** В статье изложена информация про актуализированную редакцию СНиП 23-02, а именно вопросы относительно нормирования теплозащиты и расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.

**ABSTRACT:** This article provides information about actualize edition SNIP 23-02, namely the question about rationing heat protection and heat consumption for heating and ventilation of buildings

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Теплозащита, тепловая энергия, отопление, вентиляция.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Актуализация СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» выполнялась на основе редакции этого документа 2003 года [1]. При проведении актуализации СНиП необходимо было решить несколько задач, главные из которых заключаются в следующем:

- сохранить основные понятия и, по возможности, требования редакции СНиП 23-02-2003;
- повысить энергоэффективность проектируемых зданий за счет неиспользованных резервов;
- провести гармонизацию СНиП с зарубежными нормами;
- включить в СНиП наиболее необходимые методики расчета нормируемых теплофизических показателей;
- устранить выявленные ошибки СНиП 23-02-2003;
- обеспечить возможность использования СНиП для проектирования новых ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными свойствами;
- заложить основы для дальнейшего развития нормирования теплофизических свойств ограждающих конструкций.

Основное внимание специалистов при разработке и обсуждении актуализированной редакции СНиП было обращено на нормирование теплозащиты и расхода теп-

ловой энергии на отопление и вентиляцию зданий. Краткому изложению этих вопросов и обоснованию принятых решений посвящена данная статья.

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.

## ПОЭЛЕМЕНТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОГРАЖДАЮЩИМ КОНСТРУКЦИЯМ

Прежде всего, следует отметить, что подход к повышению энергоэффективности зданий 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 габаритам 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 случаев 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, а расчетная теплопроводность строительных материалов принимается с учетом их эксплуатационной влажности.

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

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

здесь  $R_o^{norm}$  - нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

$R_o^{mp}$  - базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , принимаемое в зависимости от градусо-суток отопительного периода по таблице, аналогичной табл. 4 из действующего СНиП [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.

Фактически нормирование по формулам (1) не отличается от СНиП [1]. 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 СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» является по существу полуэмпирическим и зачастую дает завышенные результаты, вследствие неполного учета всех теплопроводных включений, имеющихся в современных ограждающих конструкциях. Теоретическое обоснование модернизированного метода расчета (давно применяемого в НИИСФ) приведено в [4]. Так же этот метод расчета, гармонизирован с методами, применяемыми в ФРГ, что позволяет использовать данные об удельных потерях теплоты через линейные теплопроводные включения, имеющиеся в [5].

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.

### ТРЕБОВАНИЕ К ОБОЛОЧКЕ ЗДАНИЯ

Обоснование нормирования теплозащиты оболочки здания выполнено в [6]. Потери теплоты через оболочку здания описываются при небольшом упрощении формулой:

$$Q = \left( \sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) \cdot ГСОП \cdot 24 / 1000 \quad (2)$$

Преобразование уравнения (2) дает:

$$\begin{aligned} Q &= 0,024 \cdot ГСОП \cdot \left( \sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot \frac{A_n^{сум}}{V} \cdot \left( \sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) / A_n^{сум} = \\ &= 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot K_{комп} \cdot K_{общ} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot k_{об} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{здесь } k_{об} = K_{комп} \cdot K_{общ} \quad (4)$$

$$\text{где } K_{комп} = \frac{A_n^{сум}}{V_{от}}, \quad K_{общ} = \left( \sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{np}} \right) / A_n^{сум} \quad (5)$$

где  $Q$  - потери теплоты через оболочку здания за отопительный период, кВт·ч/год;

$A_i$  - площади наружных ограждений, м<sup>2</sup>;

$R_{o,i}^{np}$  - приведенные сопротивления теплопередаче соответствующих наружных ограждений, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут./год;

$V_{от}$  – отапливаемый объем здания, ограниченный рассматриваемой совокупностью ограждающих конструкций, м<sup>3</sup>;

$A_n^{сум}$  - суммарная площадь всех наружных ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>.

Величина  $k_{об}$ , определяемая уравнением (4), – удельная характеристика, которую предложено называть «теплозащитной», Вт/(м<sup>3</sup>·°С). Физический смысл этого параметра заключается в том, что он численно равен количеству тепловой энергии, теряемой од-

ним  $\text{м}^3$  отапливаемого объема здания в единицу времени (в секунду) посредством теплопередачи через оболочку здания при перепаде температуры воздуха в  $1^\circ\text{C}$ . 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 одним  $\text{м}^3$  отапливаемого объема за отопительный период, т.е. «удельный расход энергии на отопление здания» обусловленный теплопотерями через оболочку здания, отнесенный к одному  $\text{м}^3$ , если это количество умножить на высоту этажа,  $h$ , то получится «удельный расход тепловой энергии на отопление здания», обусловленный теплопотерями через оболочку здания, измеряемый в кВт·ч/( $\text{м}^2 \cdot \text{год}$ ). 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.

Удельную теплозащитную характеристику здания (под другим названием) было предложено использовать для нормирования теплопотерь через оболочку здания еще в 30-х годах XX века [7]. Можно отметить, что попытки нормировать общий коэффициент теплопередачи оболочки здания  $K_{\text{общ}}$  (например, в МГСН 2.01-99) или коэффициент компактности здания  $K_{\text{комп}}$  (рекомендации п.5.14 в [1]), нельзя признать состоятельными, поскольку они не полностью характеризуют теплозащитные свойства оболочки здания, в отличие от удельной теплозащитной характеристики здания  $k_{\text{об}}$ .

Нормирование удельной теплозащитной характеристики здания в актуализированной редакции СНиП осуществляется путем сравнения: расчетная величина должна быть не больше нормируемой (требуемой):  $k_{\text{об}} \leq k_{\text{об}}^{\text{мп}}$ . Предложенные значения требуемой удельной теплозащитной характеристики в табл. 1, их можно также рассчитать по формуле:

$$k_{\text{об}}^{\text{мп}} = \begin{cases} \frac{4,74}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{\text{ом}}}} & V_{\text{ом}} \leq 960 \\ 0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{\text{ом}}}} & V_{\text{ом}} > 960 \end{cases} \quad (6)$$

Таблица 1

Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания

Отапливаемый объем здания, $V_{\text{ом}}$ , $\text{м}^3$	Значения $k_{\text{об}}^{\text{мп}}$ , Вт/( $\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ ), при значениях ГСОП, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$				
	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

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.

## ТРЕБОВАНИЕ К РАСХОДУ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ ЗДАНИЯ

В актуализированной редакции СНиП 23-02 выполнено совершенствование расчета показателя энергоэффективности 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», расчетная величина,  $q_{om}^p$ , фактически может измеряться в Вт/(м<sup>3</sup>·°С) и представляется в виде:

$$q_{om}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot (1 - \zeta) \cdot \beta_h, \quad (7)$$

где  $k_{об}$  – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С), определяемая по формуле (4);

$k_{вент}$  – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$k_{быт}$  – удельная характеристика бытовых тепловыделений в здании, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$k_{рад}$  – удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м<sup>3</sup>·°С);

$\beta_h$ ,  $\nu$ ,  $\zeta$  – коэффициенты, определенные в приложении Г в СНиП 23-02-2003, которые характеризуют систему отопления и не связаны со свойствами ограждающих конструкций;

$\xi$  – коэффициент, учитывающий снижение тепlopотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения  $\xi = 0,1$  (данный коэффициент предложен В.И. Ливчаком).

Расчетные формулы для  $k_{вент}$ ,  $k_{быт}$  и  $k_{рад}$  выводятся из формул методики расчета в приложении Г СНиП 23-02-2003 [1].

Параметр  $q_{om}$  назван в актуализированной редакции СНиП «удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания». 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 нормируемых значений удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания (табл. 2) получена умножением на 0,0116 соответствующих значений табл. 9 из [1]. Пересчет осуществлялся исходя из следующего соотношения единиц измерения:

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

По рассчитанному значению удельной характеристики расхода тепловой энергии (7) вычисляется удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию:

$$q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{om}^p, \text{ кВт ч} / (\text{м}^3 \cdot \text{год}). \quad (8)$$

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

Таблица 2

Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период  $q_{om}^{mp}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°С)

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. Общественные, кроме перечисленных в строках 3–6 таблицы	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	-
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

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 [8].

Формула (7) 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 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.

## 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.

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.

Система нормирования обладает потенциалом для развития. Наиболее важным при этом представляется переход зависимости от этажности при нормировании показателя энергетической эффективности к зависимости от объема здания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тепловая защита зданий: СНиП 23-02-2003.
2. Marco Citterio, Manuela Cocco, Heike Erhorn-Kluttig, Thermal bridges in the EBPД context: overview on MS approaches in regulations /Marco Citterio, Manuela Cocco // EBPД Buildings Platform, 28-4-2008.– P. 64.
3. Bygningsreglementet, 2010. (<http://www.ebst.dk/bygningsreglementet.dk/forside/0/2>).
4. Гагарин В.Г. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / Гагарин В.Г., Козлов В.В. // Строительные материалы, 2010. - №12. -С.4 – 12.
5. Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele: DIN 4108 Beiblatt 2.
6. Гагарин В.Г. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания / Гагарин В.Г., Козлов В.В. // Журнал АВОК. - 2010. - №4. - С. 52-60.
7. Нормы определения теплопотерь через ограждения зданий и расчетных температур: ОСТ 90008-39. Комитет по делам строительства при СНК Союза ССР. - М.-Л., 1939.
8. Гагарин В.Г. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» / Гагарин В.Г., Козлов В.В. // Жилищное строительство. – 2011. - №8. - С. 2-6.

Статья поступила в редакцию 05.04.2013 г.