

**Расчет потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений с учетом теплотехнических неоднородностей при проектировании систем отопления**

Пивень О. В., Данилевский Л. Н., Терехова И. А., Терехов С. В.  
ГП «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С. С.»  
Минск, Республика Беларусь

*Выполнен сравнительный анализ методов расчета потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений.*

При расчете мощности системы отопления в сумме с потерями теплоты за счет вентиляции и инфильтрации, бытовыми тепловыделениями, учитывают потери теплоты через ограждающие конструкции помещений.

При определении способа расчета потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений ключевым фактором является выбор методики расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций  $R_{пр}$ . В соответствии с [1] расчет значения приведенного сопротивления теплопередаче возможен упрощенным методом, как суммы термических сопротивлений слоев конструкции и сопротивлений теплоотдаче и тепловосприятию поверхностей, а также детальным, основанным на расчете температурных полей участков ограждающих конструкций. В тоже время в [2] изложен метод расчета  $R_{пр}$  с применением значений удельных потерь теплоты через теплотехнические неоднородности (далее – ТН), определяемых по таблицам Каталога [3] или расчётом с использованием температурных полей узлов ограждающих конструкций. Ввиду отсутствия четких указаний в [1] относительно методов расчета величины  $R_{пр}$ , зачастую на практике специалисты по проектированию раздела «Отопление и вентиляция» используют упрощенный метод. Между тем современные ограждающие конструкции обладают пониженной теплотехнической однородностью из-за наличия конструктивных и геометрических (углы, проемы, выступы) ТН. Теплотехнические неоднородности приводят к существенному искажению температурного поля относительно плоских участков, повышая потери теплоты через ограждения. В соответствии с [2] ТН классифицируются на линейные, объемные и точечные, а обусловленные ими дополнительные потери теплоты выражаются как удельные значения на единицу длины либо количеством ТН соответственно.

Использование более точных методов расчета  $R_{пр}$ , учет ТН позволит более корректно рассчитывать потери теплоты помещениями и повысит качество проектирования систем отопления.

В соответствии с [4], при расчете приведенного сопротивления теплопередаче упрощенным методом, определение потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений возможно по формуле (1):

$$Q_{\text{п}} = A_i \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot \left(1 + \sum \beta\right) \cdot \frac{n}{R_{\text{т}}}, \quad (1)$$

где  $A$  – расчетная площадь ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>;  $t_{\text{в}}$  – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;  $t_{\text{н}}$  – расчетная температура наружного воздуха, °С, принимаемая в соответствии с [4];  $\beta$  – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, определяемые в соответствии с приложением Ж [4];  $n$  – коэффициент, принимаемый по [1] в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;  $R_{\text{т}}$  – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяемое по [1].

Для повышения точности расчета потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции помещений рекомендуется использовать значения удельных потерь теплоты через теплотехнические неоднородности и выполнять расчет по формуле (2):

$$Q_{\text{п}} = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot \left( \sum \frac{A_i}{R_{0i}} + \sum \Psi_i \cdot L_i + \sum \chi_k \cdot N_k + \sum \chi_m \cdot N_m \right), \quad (2)$$

где  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{н}}$  – то же, что в формуле (1);  $A_i$  – площадь теплотехнически однородной  $i$ -й части ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>;  $R_{0i}$  – сопротивление теплопередаче теплотехнически однородной части ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяемое как сумма термических сопротивлений слоев конструкции и сопротивлений теплоотдаче и тепловосприятию поверхностей;  $\Psi_j$ ,  $\chi_k$ ,  $\chi_m$  – удельные потери теплоты через линейные, точечные и объемные ТН соответственно, Вт/(м·°С), Вт/(шт.·°С), Вт/(шт.·°С), определяемые по [2], [3];  $L_i$  – длина линейных теплотехнических неоднородностей ограждающих конструкций помещения, м;  $N_k$ ,  $N_m$  – количество объемных и точечных теплотехнических неоднородностей в ограждающих конструкциях помещения, шт.

Для сравнения методов расчета рассмотрен пример определения потерь теплоты через наружные стены помещения, расположенного на типовом этаже четырехэтажного жилого здания в г. Минске. Расчетная температура наружного воздуха составляет минус 24 °С.

Наружные ограждающие конструкции ориентированы на север и северо-запад. Высота этажа 3 м. Конструкция наружных стен – кладка из полнотелого силикатного кирпича толщиной 250 мм с наружным утеплением минераловатными плитами плотностью 135 кг/м<sup>3</sup> и толщиной 150 мм в составе легкой штукатурной системы утепления. Крепление теплоизоляционного слоя выполнено анкерными устройствами со стальным распорным элементом диаметром 5 мм с термозаглушкой, количество анкерных устройств

5 шт./м<sup>2</sup>. Монолитные плиты перекрытия перфорированы в зоне балконов с шагом 1:1. Геометрические показатели показаны на рисунке.

Результаты расчета сопротивления теплопередаче теплотехнически однородной части наружных стен представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сопротивления теплопередаче теплотехнически однородной части наружных стен

Наименование материала	Толщина, м	Расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Термическое сопротивление теплопередаче слоя, м <sup>2</sup> ·°С/Вт
Кладка из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе	0,25	0,039	0,216
Плиты минераловатные, плотностью 135 кг/м <sup>3</sup>	0,15	0,0436	3,440
Армированный и декоративно-защитный слой	0,007	0,93	0,008
Итого:			3,66
Сопротивление теплопередаче с учетом сопротивления тепловосприятию и теплоотдаче:			<b>3,82</b>
Приведенное сопротивление теплопередаче с учетом влияния анкерных устройств (коэффициент теплотехнической однородности принят по табл. 2 ТКП 45-3.02-113-2009)			<b>3,49</b>



Рис. Геометрические показатели наружных стен помещения

Результаты расчета потерь теплоты через наружные стены (НС) помещения по формулам (1) и (2) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета потерь теплоты через наружные стены помещения

Часть ограждающей конструкции, описание ТН	Значение удельных потерь теплоты через ТН	Геометрический параметр	Потери теплоты через часть ограждающей конструкции, ТН, Вт
Плоскость НС	0,262	$A_1 = 12,6 \text{ м}^2$	138,53
Выпуклый угол НС	-0,083	$L_1 = 3,0 \text{ м}$	-10,08
Вогнутый угол НС	0,0135	$L_2 = 3,0 \text{ м}$	1,70
Вертикальные и нижние откосы проемов	0,042	$L_3 = 5,71 \text{ м}$	10,07
Верхний горизонтальный откос проема (ж/б перемычка)	0,045	$L_4 = 1,51 \text{ м}$	2,85
Примыкание НС к междуэтажному перекрытию	0,0016	$L_5 = 1,2 \text{ м}$	0,08
Примыкание НС к балконному перекрытию	0,53	$L_6 = 3,5 \text{ м}$	77,91
Анкерные устройства	0,0037	$n_1=63 \text{ шт.}$	9,79
<b>Итого с учетом ТН, Вт</b>	–	–	<b>272,86</b>
<b>По формуле (1):</b>			<b>174,38</b>

В результате сравнения методов расчета потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений получено, что разница между значениями, полученными по формуле (2) (расчет по [4]), по сравнению со значениями, полученными по формуле (1) (расчет по [1]), составляет 98,5 Вт, что сопоставимо с мощностью потребляемой одной секцией отопительного прибора. Следовательно, упрощенный расчет тепловой нагрузки может привести в данном случае к невозможности поддержания комфортной температуры в помещении. Реальность таких ошибок подтверждает необходимость использования точных расчетов.

### Литература

1. ТКП 45-2.04-43-2006 Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования.
2. Р 1.04-180-2019 Рекомендации по применению удельных потерь теплоты (тепловых мостиков) при проектировании ограждающих конструкций зданий
3. Каталог удельных потерь теплоты (тепловых мостиков) теплотехнически неоднородных узлов ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, утв. Государственным предприятием «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С. С.» 30.10.2019 г.
4. СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.