

Экспериментально-расчетная оценка приведенного сопротивления теплопередаче вентилируемых фасадов - часть первая

26.02.2016

В 2013-2015 годах специалисты Лаборатории строительной физики ГБУ «ЦЭИИС» выполняли государственную работу по оценке соответствия проектным требованиям показателей энергоэффективности объектов капитального строительства и, в частности, объектов с использованием конструкций навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой (FRONT FS, Краспан, U-KON и др.).

Проектные расчеты сопротивления теплопередаче стен с вентилируемым фасадом, выполненные до 1 июля 2015 года, основаны на положениях СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

Как установлено испытаниями, методики расчета приведенного сопротивления теплопередаче согласно этим документам, дают завышенные результаты вследствие неполного учета всех теплопроводных включений, имеющих в современных ограждающих конструкциях.

Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (СП 50.13330.2012.) включает в себя более детализированный расчет приведенного сопротивления теплопередаче с разделением ограждающей конструкции на теплозащитные элементы.

Сотрудниками лаборатории (с января 2016 года - отдела инспекции зданий и сооружений на соответствие теплотехническим и акустическим требованиям) наряду с измерениями выполняется экспертная оценка приведенного сопротивления теплопередаче по методике СП 50.13330.2012.

Алгоритм расчета приведенного сопротивления теплопередаче вентилируемого фасада.

1. Выбирается типовая разбивка на элементы:

- крепеж утеплителя (тарельчатый анкер);
- кронштейны (включая крепление к несущему основанию);
- металлические противопожарные рассечки;
- сопряжение с балконной плитой;
- стыки с оконными блоками;
- примыкание к фундаменту;
- углы;
- стык с другими видами стеновых конструкций (при наличии).

2. Для каждого элемента находится удельный геометрический показатель (приложение Е. СП 50.13330.2012.)

3. Для каждого элемента находятся удельные потери теплоты, либо по расчетам температурных полей, либо по справочным материалам.

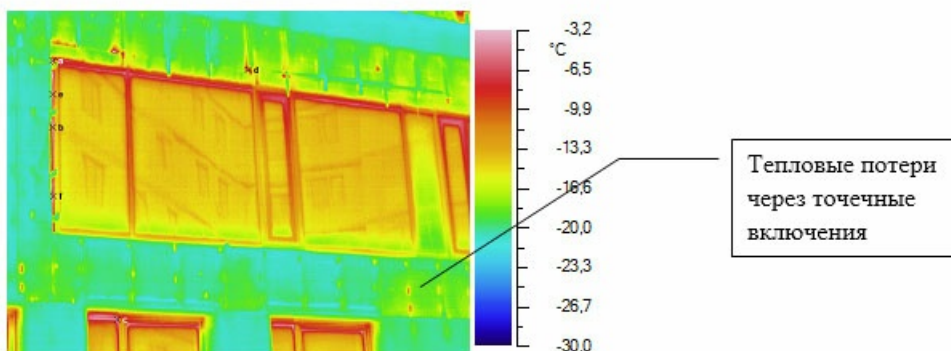
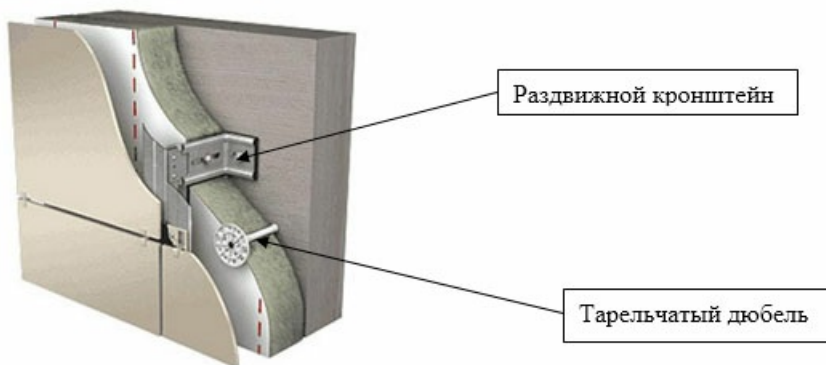
4. Составляется Таблица Е.2 из приложения Е СП 50.13330.2012.

5. Рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче по формуле Е.1.

$$R_o^{np} = \frac{1}{\sum U_i a_i * \sum \Psi_i l_i * \sum n_i \chi_i}$$

Большое значение для расчета приведенного сопротивления теплопередаче стен с облицовкой имеет наличие точечных включений.

При тепловизионном мониторинге объектов с вентилируемым фасадом было выявлено, что тепловые потери через тарельчатые дюбели и кронштейны весьма велики.



На примере ряда объектов с вентилируемым фасадом проанализируем разницу приведенного сопротивления теплопередаче, рассчитанного в проектной документации, с результатом, полученным с учетом поэлементной разбивки наружной стены.

1. Девятиэтажный жилой дом с вентилируемым фасадом типа «Краспан». (Хорошево-Мневники, ул. Мневники, квартал 74, корп.14, ул. Демьяна Бедного, СЗАО).



Фото 1. Общий вид обследуемого здания.

Перечисление элементов составляющих ограждающую конструкцию.

- кладка из ячеисто-бетонных блоков, закрытая утеплителем из минераловатной плиты и вентилируемым фасадом – плоский элемент 1;
- участок железобетонной стены, закрытый утеплителем из минераловатных плит и вентилируемым фасадом – плоский элемент 2;
- оконный откос, образованный кладкой из ячеисто-бетонных блоков, закрытая утеплителем из минераловатной плиты и вентилируемым фасадом – линейный элемент 1;
- оконный откос, образованный железобетонной стеной, утепленный минераловатными плитами и

закрытый вентилируемым фасадом – линейный элемент 2;

· стык балконной плиты со стеной из ячеисто-бетонных блоков

– линейный элемент 3;

· стык балконной плиты со стеной из монолитного железобетона

– линейный элемент 4;

· дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к стене из ячеисто-бетонных блоков – точечный элемент 1;

· дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к стене из монолитного железобетона – точечный элемент 2;

· раздвижной кронштейн с креплением к ячеисто-бетонным блокам - точечный элемент 3;

· раздвижной кронштейн с креплением к стене из монолитного железобетона - точечный элемент 4;

Таким образом, в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции 2 плоских, 4 линейных и 4 точечных элемента.

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче по СП 50.13330.2012.

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$\alpha_1 = 0,731 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_1 = 0,188 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$U_1 \alpha_1 = 0,137 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$	28
Плоский элемент 2	$\alpha_2 = 0,268 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_2 = 0,181 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$U_2 \alpha_2 = 0,048 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$	9,8
Линейный элемент 1	$l_1 = 0,284 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_1 = 0,091 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_1 l_1 = 0,025 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$	5
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,045 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_2 = 0,088 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_2 l_2 = 0,004 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$	0,85
Линейный элемент 3 (стык балконной плиты)	$l_3 = 0,032 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_3 = 0,636 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_3 l_3 = 0,02 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$	4
Линейный элемент 4 (стык балконной плиты)	$l_4 = 0,015 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_4 = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	$\Psi_4 l_4 = 0,012 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$	2,45
Точечный элемент 1 (дюбель)	$n_1 = 3,65 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_1 = 0,005 \text{ Вт}/\text{°C}$	$n_1 \chi_1 = 0,018$	3,65
Точечный элемент 2 (дюбель)	$n_2 = 1,34 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_2 = 0,005 \text{ Вт}/\text{°C}$	$n_2 \chi_2 = 0,006$	1,25
Точечный элемент 3 (кронштейн)	$n_3 = 4,38 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_3 = 0,03 \text{ Вт}/\text{°C}$	$n_3 \chi_3 = 0,131$	26,6
Точечный элемент 4 (кронштейн)	$n_4 = 1,61 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_4 = 0,06 \text{ Вт}/\text{°C}$	$n_4 \chi_4 = 0,09$	18,4
Итого			$1/R_{np} = 0,491 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	100

$$R_0^{np} = \frac{1}{\sum U_i \alpha_i + \sum \Psi_i l_i + \sum n_i \chi_i} = 2,03 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче в проекте по расчету СНиП 23-02-2003 - $R_0^{np} = 3,79 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Следовательно, все теплопроводные включения ограждающей конструкции непосредственно влияют на значение приведенного сопротивления теплопередаче.

2. Дошкольное образовательное учреждение с вентилируемым фасадом типа «FRONT FS 301». (Загорье, район Бирюлево Восточное, ЮАО).



Фото 2. Общий вид обследуемого здания.

Перечисление элементов составляющих ограждающую конструкцию.

- кладка из мелких, ячеисто-бетонных блоков, закрытая утеплителем из минераловатной плиты и вентилируемым фасадом – плоский элемент 1;
- кладка из мелких, ячеисто-бетонных блоков, закрытая утеплителем из минераловатной плиты и вентилируемым фасадом, изнутри керамическая плитка на клеевой основе – плоский элемент 2;
- участок железобетонного перекрытия, закрытый утеплителем из минераловатных плит и вентилируемым фасадом – плоский элемент 3;
- оконный откос, образованный кладкой из мелких, ячеисто-бетонных блоков, закрытая утеплителем из минераловатной плиты и вентилируемым фасадом – линейный элемент 1;
- оконный откос, образованный железобетонным перекрытием, утепленный минераловатными плитами и закрытый вентилируемым фасадом – линейный элемент 2;
- дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к стене из ячеисто-бетонных блоков – точечный элемент 1;
- дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к стене из ячеисто-бетонных блоков, облицовочной изнутри плиткой – точечный элемент 2;
- дюбель со стальным сердечником, прикрепляющий слой минераловатной плиты к железобетонному ригелю – точечный элемент 3;
- раздвижной кронштейн с креплением к ячеисто-бетонным блокам - точечный элемент 4;
- раздвижной кронштейн с креплением к стене из ячеисто-бетонных блоков, облицовочной изнутри плиткой - точечный элемент 5;
- раздвижной кронштейн с креплением к стене из монолитного железобетона - точечный элемент 6;

Таким образом, в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции 3 плоских, 2 линейных и 6 точечных элемента.

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	$a_1 = 0,749 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_1 = 0,178 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$U_1 a_1 = 0,134 \text{ (м}^2\text{ } ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$	25,8
Плоский элемент 2	$a_2 = 0,009 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_2 = 0,177 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$U_2 a_2 = 0,0016 \text{ (м}^2\text{ } ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$	0,3
Плоский элемент 3	$a_3 = 0,242 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$U_3 = 0,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	$U_3 a_3 = 0,048 \text{ (м}^2\text{ } ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$	9,2
Линейный элемент 1	$l_1 = 0,470 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_1 = 0,101 \text{ Вт}/(\text{м} \text{ } ^\circ\text{C})$	$\Psi_1 l_1 = 0,047 \text{ (м}^2\text{ } ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$	9,0
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,377 \text{ м}/\text{м}^2$	$\Psi_2 = 0,101 \text{ Вт}/(\text{м} \text{ } ^\circ\text{C})$	$\Psi_2 l_2 = 0,038 \text{ (м}^2\text{ } ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$	7,3
Точечный элемент 1 (дюбель)	$n_1 = 3,74 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_1 = 0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$n_1 \chi_1 = 0,022$	4,2
Точечный элемент 2 (дюбель)	$n_2 = 0,043 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_2 = 0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$n_2 \chi_2 = 0,0002$	0,04
Точечный элемент 3 (дюбель)	$n_3 = 1,21 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_3 = 0,006 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$n_3 \chi_3 = 0,007$	1,3
Точечный элемент 4 (кронштейн)	$n_4 = 4,49 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_4 = 0,03 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$n_4 \chi_4 = 0,134$	25,7
Точечный элемент 5 (кронштейн)	$n_5 = 0,052 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_5 = 0,03 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$n_5 \chi_5 = 0,001$	1,9
Точечный элемент 6 (кронштейн)	$n_6 = 1,45 \text{ 1}/\text{м}^2$	$\chi_6 = 0,06 \text{ Вт}/^\circ\text{C}$	$n_6 \chi_6 = 0,087$	16,7
Итого			$1/R_{np} = 0,519 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	100

$$R_0^{np} = \frac{1}{\sum U_i a_i + \sum \Psi_i l_i + \sum n_i \chi_i} = 1,93 (\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C)}/\text{Вт}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче по расчету СНиП 23-02-2003 - $R_0^{np} = 3,48 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Адрес страницы: <http://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/2555683.html>

ГБУ ЦЭИИС