

их от возникновения продольной и поперечной фильтрации воздуха.

Полученные результаты по воздухопроницаемости изделий из минеральной ваты могут быть использованы при расчетах теплоизоляции ограждающих конструкций зданий, а также при анализе пригодности различных изделий для решения конкретных строительных задач.

### **Литература**

1. Р.Е. Брилинг. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и материалов. М.: Стройиздат.-1948. 120 с.
2. ГОСТ 258991-83. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления воздухопроницанию ограждающих конструкций. М., Издательство стандартов, 1984.
3. Фокин К.Ф. строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М., Стройиздат, 1973.
4. Ильинский В.М. Строительная теплофизика. М., Высшая школа, 1974.
5. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М., Высшая школа, 1970.

### **УДК 697.1**

#### **Факторы, влияющие на величину приведенного сопротивления теплопередаче стен зданий с дополнительной наружной теплоизоляцией**

Калинина Л.С., Протасевич А.М., Крутилин А.Б.  
Белорусский национальный технический университет

Проблема экономии энергоресурсов ставит ряд задач, в том числе и увеличение уровня теплозащиты наружных ограждений зданий, что осуществляется повышением их сопротивления теплопередаче. Причем удовлетворять этим требованиям должно приведенное сопротивление теплопередаче, а не сопротивление теплопередаче участка ограждения вдали от теплопроводных включений, которое сопоставляется в ряде случаев с требованиями существующих нормативных документов.

В настоящее время в республике Беларусь эксплуатируется значительное количество зданий, построенных в 60 — 80 годах, требующих дополнительного утепления.

Утепление выполняется с наружной стороны стен зданий дополнительным слоем теплоизоляции. Слой теплоизоляции закрывается от попадания атмосферных осадков либо штукатурными составами (системы утепления с "тяжелой" и "легкой" штукатуркой), либо с защитным экраном на отnose и воздушной вентилируемой прослойкой (система утепления "вентилируемый фасад").

На сегодняшний день наименее изученными являются системы утепления по способу "вентилируемый фасад". Система кроме элементов крепления слоя теплоизоляции имеет кронштейны крепления защитного экрана. Между экраном и слоем теплоизоляции имеется воздушная вентилируемая прослойка (ВВП), назначение которой состоит в удалении диффундирующего через ограждение водяного пара.

Защитный экран может быть выполнен как из легкого алюминиевого профиля, так и из тяжелой декоративной плитки или сплошного остекления (т.н. стеклянные фасады). В зависимости от нагрузки, создаваемой весом защитного экрана различается количество кронштейнов для его крепления.

Одной из основных задач теплотехнического расчета теплоизолированных наружных стен является определение приведенного сопротивления теплопередаче.

Обзор литературы [1 – 7] показал отсутствие доступной инженерной методики расчета, учитывающей особенности переноса теплоты в системах вентилируемый фасад.

С целью определения приведенного сопротивления теплопередаче для любой конструкции вентилируемого фасада с учетом всех факторов была разработана и апробирована в натуральных условиях методика на основании расчета плоского температурного поля.

Методика основана на упрощении трехмерной задачи переноса теплоты и перехода на двухмерную, составление расчетных схем для каждого теплопроводного включения, определение зон влияния включений и сопротивлений теплопередаче по данным зонам, а затем приведенного сопротивления теплопередаче ограждения в целом.

Методика заключается в следующем.

1. Строятся расчетные схемы конструкций каждого теплопроводного включения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Границы исследуемых фрагментов принимаются максимальными, но не более  $l_p = 2 \cdot l_{x(y)}$  (где  $l_{x(y)}$  — расстояние от оси крепления до плоскости, расположенной по центру между креплениями) для вертикальной и горизонтальной плоскостей.

2. Выполняются предварительные расчеты плоских температурных полей расчетных схем в горизонтальной и вертикальной плоскости для каждого включения. При этом задаем следующие граничные условия:

— расчетные температуры  $t_e, t_{in}$ , а также коэффициенты теплопроводности материалов выбираются по нормативным документам или в соответствии с заданием к расчету;

— средний коэффициент теплоотдачи наружной поверхности утеплителя к воздуху вентилируемой прослойки принимается в соответствии со следующими рекомендациями: для зданий высотой прослойки до 6 м коэффициент теплоотдачи следует принимать равным  $\alpha_{e.n.} = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$ , для зданий высотой прослойки до 12 м —  $\alpha_{e.n.} = 8,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$ , для зданий высотой прослойки более до 12 м —  $\alpha_{e.n.} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$ ;

— коэффициенты тепловосприятия внутренней поверхности фрагмента ограждения и теплоотдачи наружной поверхности экрана выбирается в соответствии с требованием нормативных документов по строительной теплотехнике.

3. Определяются "зоны влияния" каждого теплопроводного включения для каждой из проекций. Зона влияния находится по распределению температур по толщине и по поверхностям расчетного участка ограждения. Для определения зоны влияния выбирается та изотерма, на которой влияние теплопроводного включения наиболее характерно.

При этом, по обе стороны от оси теплопроводного включения, определяется расстояние до условной линии параллельной оси, после которой изотермические линии параллельны поверхностям стены. Выбирается большее из определенных расстояний. Тогда длина зоны влияния для каждой проекции составит  $l_{z.v.} = 2 \cdot l_{p.z}$  (где  $l_{p.z}$  — большее из расстояний от оси теплопроводного включения до условной линии, м).

4. Выполняется повторный расчет двухмерного температурного поля для горизонтальной и вертикальной проекций зон влияния каждого теплопроводного включения.

Расчет двухмерного температурного поля должен представить выходные данные в виде сопротивления теплопередаче (или теплового потока) по зонам влияния каждой проекции.

5. Сопротивление теплопередаче  $i$  – го теплопроводного включения рассчитывается по формуле (1):

$$R_{\text{д}e-i} = \frac{l_{\text{с.д.}}^{\text{д}i\text{д}} + l_{\text{с.д.}}^{\text{д}i\text{д}i\text{д}}}{\frac{l_{\text{с.д.}}^{\text{д}i\text{д}}}{R_{\text{д}e}^{\text{д}i\text{д}}} + \frac{l_{\text{с.д.}}^{\text{д}i\text{д}i\text{д}}}{R_{\text{д}e}^{\text{д}i\text{д}i\text{д}}}} \quad (1)$$

где  $l_{\text{с.д.}}^{\text{д}i\text{д}}$ ,  $l_{\text{с.д.}}^{\text{д}i\text{д}i\text{д}}$  — зоны влияния теплопроводного включения по проекциям, м,

$R_{\text{д}e}^{\text{д}i\text{д}}$ ,  $R_{\text{д}e}^{\text{д}i\text{д}i\text{д}}$  — сопротивления теплопередаче по зонам влияния теплопроводного включения по наружной или внутренней поверхности для каждой из проекций,  $\text{м}^2\text{°С/Вт}$ .

6. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции рассчитывается по формуле (2):

$$R_{\text{д}e}^{\text{д}i\text{д}} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{F_i}{R_{\text{д}e-i}} \right)} \quad (2)$$

где  $F_i$  — площадь влияния  $i$  – го включения,  $F_i = l_{\text{с.д.}}^{\text{д}i\text{д}} \cdot l_{\text{с.д.}}^{\text{д}i\text{д}i\text{д}}$ ,  $\text{м}^2$ .

7. Коэффициент теплотехнической однородности находится по формуле (3):

$$r = \frac{R_{\text{д}e}^{\text{д}i\text{д}}}{R_{\text{д}e}^T} \quad (3)$$

Приведенная методика позволяет определить приведенное сопротивление теплопередаче любых конструкций наружных стен, в том числе и с воздушной вентилируемой прослойкой.

Некоторые результаты расчета системы вентилируемого фасада "Металлпрофиль" кирпичных теплоизолированных стен приведены в таблице. Результаты представлены в виде коэффициентов теплотехнической однородности, учитывающие снижение приведенного сопротивления теплопередаче за счет теплопроводных включений.

Таблица

Толщина слоя теплоизоляции $\delta_{yt}$ , мм	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_T$ , м <sup>2</sup> °С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности $r$
50	2,126	0,959
70	2,488	0,925
80	2,598	0,890
100	2,781	0,825

Наиболее эффективным, с теплотехнической точки зрения, являются вентилируемые фасады с легким экраном из алюминиевого профиля. Вентилируемые стеклянные фасады, а также фасады с защитным экраном из декоративной плитки имеют коэффициенты теплотехнической однородности в пределах  $r = 0,50 \dots 0,70$  и их рекомендуется использовать для зданий, представляющих архитектурный облик города.

### Литература

1. К.Ф. Фокин. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М., Стройиздат, 1973, 287 с.
2. В.М. Ильинский. Строительная теплофизика. М., Высшая школа, 1974, 320 с.
3. Богословский В.Н. Строительная теплотехника, М., Высшая школа 1992.
4. И.Н. Бутовский, Ю.А. Матросов. Расчет термически неоднородных участков стеновых панелей. Журнал "Жилищное строительство", 2001 г., №10, с. 4 – 8.
5. С.В. Корниенко. Температурный режим вентилируемых стен. Журнал "Жилищное строительство", 2002 г., №12, с. 7 – 9.
6. В.А. Езерский, П.В. Монастырев. Крепежный каркас вентилируемого фасада и температурное поле наружной стены. Журнал "Жилищное строительство", 2003 г., №10, с. 15 – 18.
7. В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, Е.Ю. Цыкановский. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором (часть 2). Журнал "АВОК", 2004 г., №3, с. 4 – 8.