

**А.М. Протасевич,**  
к.т.н., профессор БНТУ



**А.Б. Крутилин,**  
зав. сектором лаборатории  
ограждающих конструкций,  
РУП "Институт БелНИИС"



# ПРИВЕДЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ СОВРЕМЕННЫХ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Экономия тепловой энергии является приоритетной задачей строительной отрасли Республики Беларусь. Изменением №1 к ТКП 45-2.04-43 значительно увеличены нормативные требования к теплозащите наружных ограждающих конструкций, что усложнило их конструктивное исполнение. На сегодняшний день имеются "проблемные" жилые дома, у которых наблюдаются недотопы помещений; жильцы квартир "герметизируют" наружные светопрозрачные ограждающие конструкции, что приводит к резкому увеличению влажности внутреннего воздуха и появлению колоний "грибка" на поверхностях конструкций. Одна из основных причин выявленных дефектов и нарушений — несоответствие реальных теплотерь помещений расчетным, определенным с использованием рекомендаций ТКП 45-2.04-43 [1] и СНБ 4.02.01 [2].

## Проектирование теплоизоляции: основные принципы

Поддержание параметров микроклимата в помещениях различного назначения связано с использованием инженерных систем, в том числе систем отопления, главная задача которой состоит в компенсации тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции в холодный и переходный периоды года. Проектирование систем отопления основывается на расчетах тепловых балансов помещений, для составления которых необходимы величины сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Ошибки в расчетах величин сопротивления теплопередаче ведут к неправильным решениям при подборе оборудования системы отопления и нарушениям параметров микроклимата при эксплуатации помещений здания.

В настоящее время при проектировании систем отопления **новых зданий** предусматривается возможность регулирования температуры внутреннего воздуха как в конкретном помещении, так и в целом по зданию. Для указанных условий эксплуатации зданий определение уровня теплозащиты каждой ограждающей конструкции, например, стены, возможно по результатам расчета одного выбранный конкретный участок, имеющего максимальное количество теплопроводных включений на единицу площади и, соответственно, минимальную величину приведенного сопротивления теплопередаче. Если при выполнении расчетов по наилучшему участку ограждающей конструкции достигается величина его приведенного сопротивления теплопередаче не менее нормативной величины по ТКП 45-2.04-43, то и остальные участки ограждения будут соответствовать требованиям этого ТКП.

При проведении **тепловой модернизации, реконструкции, а также капитального ремонта** в большинстве случаев существующая си-

стема отопления здания сохраняется, а тепловые пункты или переоборудуются по независимой схеме, или дополнительно оснащаются системами автоматического регулирования. Повышение теплозащиты наружных ограждений в данном случае должно осуществляться дополнительной теплоизоляцией с одинаковой толщиной утеплителя для однотипных конструкций здания, чтобы не допускать значительного отклонения параметров микроклимата у разнорасположенных помещений. Несмотря на очевидность данного требования, зачастую при проектировании дополнительной теплоизоляции наружных стен его нарушают, применяя, например, для торцевых и продольных стен утеплитель разной толщины, не учитывая, таким образом, особенностей существующих систем отопления.

Из вышеизложенного вытекает вывод, что при проектировании теплоизоляции здания следует обеспечить нормативную величину приведенного сопротивления теплопередаче для участков ограждений, имеющих максимальное количество теплопроводных включений и участков тепловой неоднородности на единицу площади. Этим обеспечивается поддержание требуемых параметров микроклимата в части помещений здания. Для помещений с наружными ограждающими конструкциями, имеющими более высокие теплозащитные характеристики, обеспечение нор-

мативных параметров микроклимата (недопущение перетопов) выполняется с помощью автоматического регулирования как расхода, так и температуры теплоносителя.

## Учет тепловой неоднородности конструкций при расчетах приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждений

Одной из основных задач проведения исследований по теплозащите зданий, начиная с середины прошлого века и по настоящее время, является оценка влияния тепловой неоднородности и теп-

Ошибки в расчетах величин сопротивления теплопередаче ведут к неправильным решениям при подборе оборудования системы отопления и нарушениям параметров микроклимата при эксплуатации помещений здания.



лопроводных включений на величину приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.

В 1980 г. был введен СНиП II-3-79 [3], в котором, в отличие от предыдущих редакций норм, были учтены научные разработки К.Ф. Фокина, В.Н. Богословского и других советских ученых, позволяющие определить приведенное сопротивление теплопередаче:

— введением коэффициентов теплотехнической однородности для "типовых" теплопроводных включений;

— с помощью "фактора формы", предложенного В.Н. Богословским [4];

— на основании расчетов сопротивлений теплопередаче участка конструкции при его разбиении плоскостями, параллельными и перпендикулярными относительно направления теплового потока.

Используя данные методики, возможно было определить приведенное сопротивление теплопередаче типовых наружных ограждающих конструкций зданий, получивших широкое распространение на территории бывшего СССР. Для сложных ограждающих конструкций с нетиповыми теплопроводными включениями предлагалось определять приведенное сопротивление теплопередаче на основании расчетов температурных полей.

В 1993 г. в Республике Беларусь был введен СНБ 2.01.01 [5], в редакции которого были удалены методики расчета приведенного сопротивления теплопередаче на основании "фактора формы" и с помощью коэффициентов теплотехнической однородности. Во всех последующих редакциях норм по строительной теплотехнике, в том числе и в ТКП 45-2.04-43 [1], четкие указания по нормированию приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций отсутствуют. Учитывая, что для отдельных участков ограждений наличие теплопроводных включений может значительно снижать величину сопротивления теплопередаче, необходимо введение как требований о нормировании именно приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, так и методики его определения.

Метод учета теплопроводных включений на основании расчетов сопротивлений теплопередаче участков конструкций его разбиением параллельными и перпендикулярными плоскостями не может быть использован для ограждений с включениями сложной формы, а также для оценки влияния откосов проемов и выступающих участков (как снаружи, так и изнутри) ограждающих конструкций. Метод не может быть использован и для расчетов наружных ограждающих конструкций с вентилируемыми воздушными прослойками.

### Расчет приведенного сопротивления наружных ограждающих конструкций зданий

Цель расчета приведенного сопротивления теплопередаче заключается в повышении достоверности определения потери теплоты через  $i$ -ое ограждение помещения  $Q_i$ , Вт по выражению:

$$Q_i = \frac{F_i}{R_{т.пр}} (t_{в} - t_{н}) \cdot n \cdot (1 + \sum \beta_i), \quad (1)$$

где  $F_i$  — площадь ограждения,  $m^2$ ;

$R_{т.пр}$  — приведенное сопротивление теплопередаче наружной ограждающей конструкции,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;

$t_{в}$ ,  $t_{н}$  — расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха,  $^\circ C$ ;

$n$  — коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху;

$\beta_i$  — коэффициент, учитывающий добавочные теплотери через ограждение.

Площадь отдельных ограждений вычисляется с соблюдением определенных правил обмера и, обычно, по внешнему периметру здания. Соответственно и величины приведенного сопротивления теплопередаче должны учитывать особенности формирования теплового режима ограждений в пределах их расчетных поверхностей

Рис. 1. Схема расчетного участка наружной стены

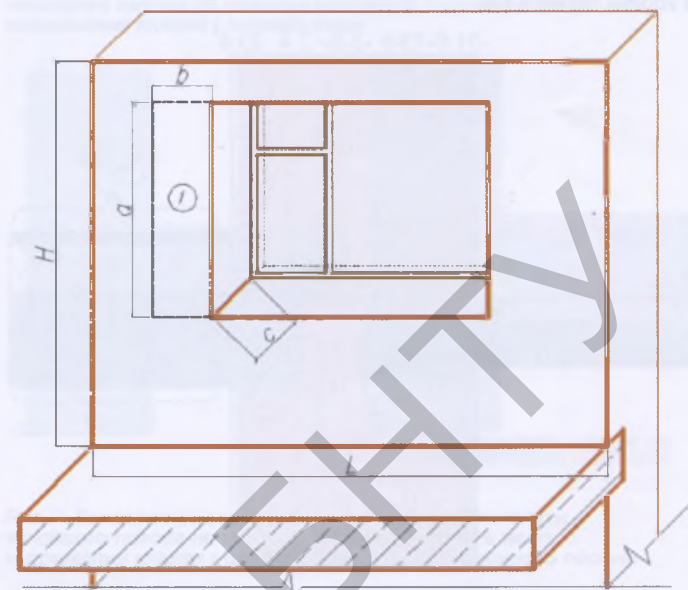
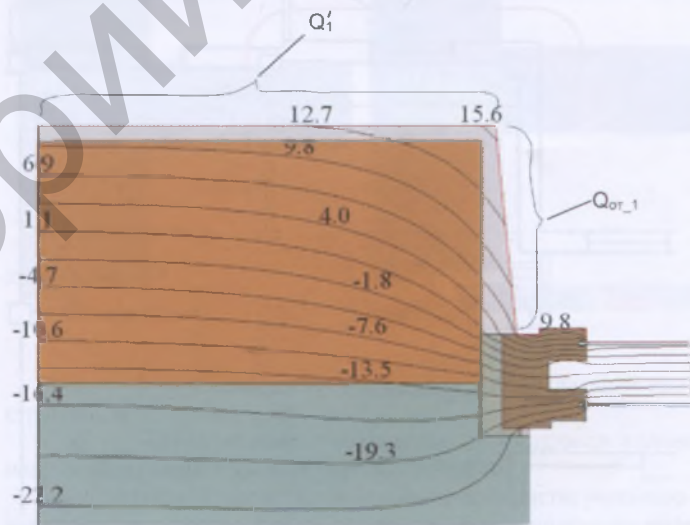


Рис. 2. Температурное поле сечения наружной стены по фрагменту №1



с учетом угловых участков стен, участков междуэтажных перекрытий, откосов проемов, а также теплопроводных включений в толще конструкций.

Приведенное сопротивление теплопередаче определяется как величина, численно равная отношению разности температур воздушных сред, омывающих ограждающую конструкцию, к усредненной по ее площади удельной мощности теплового потока в стационарном тепловом режиме. Т.е. оно представляет величину, осредненную по площади конструкции при рассмотрении ее как одномерной.

Определение приведенного сопротивления теплопередаче расчетного участка ограждающей конструкции со сложными теплопроводными включениями возможно по результатам расчетов температурных полей отдельных выделенных фрагментов рассматриваемой конструкции с последующим усреднением полученных результатов по ее поверхности. При выборе границ фрагментов следует учитывать взаимное влияние отдельных теплопроводных включений на температурное поле всей конструкции. ▶



Рис. 3. Температурное поле сечения наружной стены в уровне перекрытия

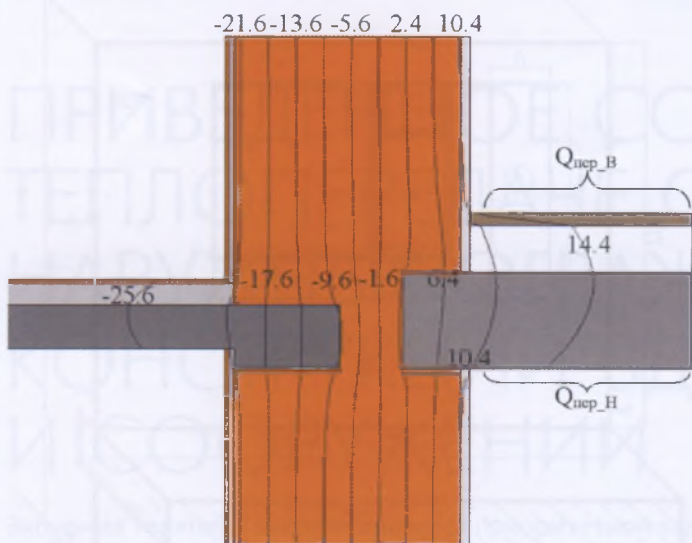


Рис. 4. Фрагмент плана типового этажа с расчетным участком наружной стены



Для принятого расчетного участка ограждающей конструкции с площадью внутренней поверхности  $F_{ру}$ , можно записать:

$$Q_{ру} = Q_{вкл.1} + Q_{вкл.2} + \dots + Q_{вкл.n}, \quad (2)$$

где  $Q_{ру}$  — мощность теплового потока через расчетный участок, Вт;

$Q_{вкл.1}, Q_{вкл.2}, \dots, Q_{вкл.n}$  — мощности теплового потока через выделенные фрагменты расчетного участка с теплопроводными включениями, Вт.

Т.е. при разбиении выбранного расчетного участка ограждающей конструкции на "n" характерных фрагментов и последующем определении сопротивления теплопередаче для каждого фрагмента сопротивление теплопередаче расчетного участка конструкции в целом рассчитывается по формуле:

$$R_{т.пр}^{ру} = \frac{F_{вкл.1} + F_{вкл.2} + \dots + F_{вкл.n}}{R_{вкл.1} + R_{вкл.2} + \dots + R_{вкл.n}}, \quad (3)$$

где  $F_{вкл}$  и  $R_{вкл}$  — площадь ( $m^2$ ) и сопротивление теплопередаче

( $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ) n-го фрагмента расчетного участка ограждающей конструкции.

Определение сопротивления теплопередаче отдельных выделенных "n" фрагментов конструкций выполняется решением плоской или объемной задачи переноса теплоты. Для этого в конечно-разностной или конечно-элементной постановке для каждого выделенного фрагмента численно решаются дифференциальные уравнения стационарной теплопроводности вида (4) с граничными условиями III-рода:

$$\frac{\partial}{\partial x} \lambda(x) \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda(y) \frac{\partial t}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \lambda(x) \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda(y) \frac{\partial t}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \lambda(z) \frac{\partial t}{\partial z} = 0, \quad (4)$$

где  $t$  — температура материала,  $^\circ C$ ;

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала,  $Вт/(m \cdot ^\circ C)$ .

Получив по решению уравнений (4) распределение температур по внутренней поверхности фрагментов конструкций и используя известные заданные величины коэффициента теплообмена, мы определяем величины сопротивления теплопередаче каждого i-го фрагмента по формуле (5):

$$R_{вкл.i} = R_{т.i} = \frac{(t_B - t_H)}{\alpha_B \cdot (t_B - \tau_{B,i}^{cp})}, \quad (5)$$

где  $\alpha_B$  — принятый коэффициент теплообмена внутренней поверхности фрагмента ограждающей конструкции,  $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\tau_{B,i}^{cp}$  — средняя температура на внутренней поверхности i-го фрагмента ограждающей конструкции,  $^\circ C$ .

Особенностью формулы (3) является то, что при вычислении приведенного сопротивления теплопередаче расчетного участка ограждения не учитывается дополнительный перенос теплоты через фрагменты конструкций у краевых зон оконных, балконных и других проемов (далее — откосы проемов). Для учета влияния краевых зон проемов предлагается использование следующего методического приема расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Обоснование его приведено ниже на примере учета влияния бокового откоса оконного проема наружной стены.

На рисунке 1 представлен расчетный участок наружной стены с оконным проемом площадью  $F_{ру} = H \cdot L$ ,  $m^2$ . На поверхности расчетного участка выделяется фрагмент №1 с площадью  $F_1 = a \cdot b$ ,  $m^2$ , без учета площади примыкающего к нему откоса проема

$F_{от.1} = a \cdot c$ ,  $m^2$ . По известным геометрическим размерам выполняется расчет температурного поля наружной стены, включающий ее фрагмент №1, примыкающий к нему откос проема и часть оконного блока (см., например, рисунок 2).

Тепловой поток через выделенный фрагмент №1 расчетного участка, по результатам расчета температурного поля, равен:

$$Q_1 = \frac{F_1}{R_{т.1}} (t_B - t_H), \quad (6)$$

где  $R_{т.1}$  — сопротивление теплопередаче фрагмента №1 наружной стены, определенное по формуле (5),  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ .

При расчете температурного поля фрагмента 1 учитывались подвод теплоты через площадку стены  $F_1$  и через площадь откоса  $F_{от.1}$ .

Учитывая, что величина теплового потока через выделенный фрагмент №1 фактически равна сумме тепловых потоков  $Q_1 = Q_1 + Q_{от.1}$  (см. рис. 2), выражение (6) запишем в виде:

$$Q_1 = Q_1 + Q_{от.1} = \frac{F_1}{R_{т.1+отк}} (t_B - t_H), \quad (7)$$

откуда с помощью элементарных преобразований получаем формулу для определения сопротивления теплопередаче фрагмента №1 с учетом влияния откоса проема:



$$R_{T,1+отк} = \frac{F_1}{\frac{F_1}{R_{T,1}} + \frac{F_{от,1}}{R_{от,1}}} \quad (8)$$

где  $R_{от,1}$  — условное сопротивление теплопередаче откоса проема (размерами а х с.) у фрагмента №1 наружной стены, определенное по формуле (5) и результатам расчета температурного поля,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ .

С учетом вышеизложенного несложно получить формулу для определения приведенного сопротивления теплопередаче расчетного участка наружной стены с учетом влияния всех откосов проема:

$$R_{T,ПР}^{от} = \frac{F_{PY}}{\frac{F_{PY}}{R_{T,ПР}^{PY}} + \frac{F_{от}}{R_{от}}} \quad (9)$$

где  $R_{от}$  — условное сопротивление теплопередаче откосов проема,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;

$F_{от}$  — суммарная площадь откосов проема,  $м^2$ .

По аналогии с выводом формулы (9) производится вывод формулы для определения приведенного сопротивления теплопередаче расчетного участка наружных стен как с учетом влияния откосов проемов, так и междуэтажных перекрытий (см. рис. 3):

$$R_{T,ПР} = \frac{F_{PY}}{\frac{F_{PY}}{R_{T,ПР}^{PY}} + \frac{F_{от}}{R_{от}} + \frac{F_{пер,Н}}{R_{пер,Н}} + \frac{F_{пер,В}}{R_{пер,В}}} \quad (10)$$

где  $F_{пер,Н}$  и  $R_{пер,Н}$  — площадь участка пола у наружной стены ( $м^2$ ) и условное сопротивление теплопередаче участка пола у наружной стены, ( $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ );

$F_{пер,В}$  и  $R_{пер,В}$  — площадь участка перекрытия у наружной стены ( $м^2$ ) и условное сопротивление теплопередаче участка перекрытия у наружной стены, ( $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ).

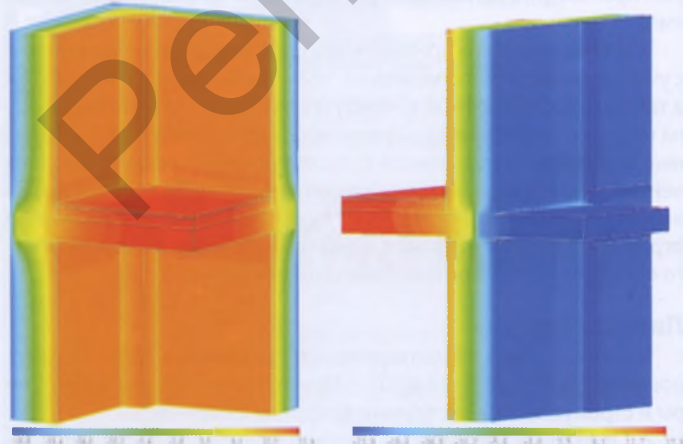
Для оценки принятых конструктивных решений удобно использовать коэффициенты теплотехнической однородности. Формулу для определения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с учетом влияния откосов проемов и дисков перекрытий с использованием коэффициентов теплотехнической однородности можно записать в виде:

$$R_{T,ПР} = R_{ГЛ} \cdot r_1 \cdot r_2 \quad (11)$$

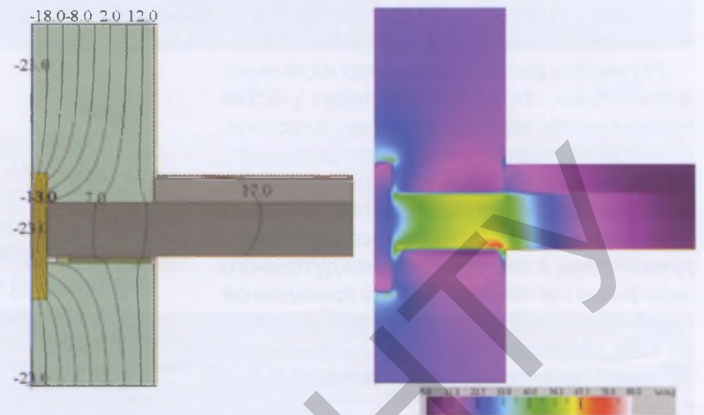
где  $R_{ГЛ}$  — сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, рассчитанное по "глади",  $R_{ГЛ} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{н}}$ ,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;

$\alpha_{н}$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции,  $Вт / (м^2 \cdot ^\circ C)$ ;

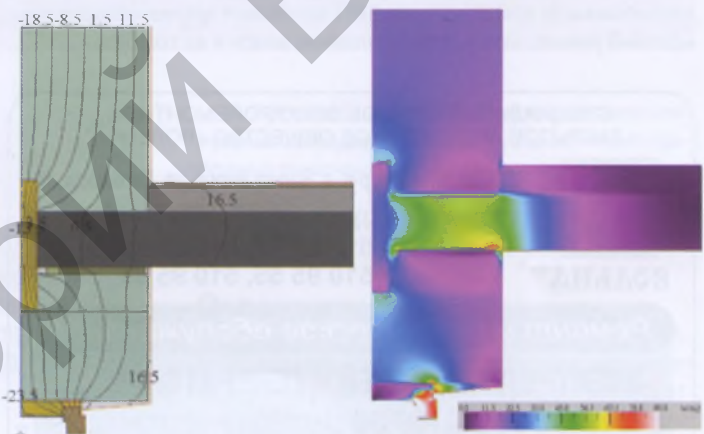
**Рис. 5. Температурные поля участков наружной стены в местах сопряжений колонн с дисками перекрытий**



**Рис. 6. Температурное поле и распределение плотности теплового потока по сечению наружной стены в месте сопряжения кладки с перекрытием**



**Рис. 7. Температурное поле и распределение плотности теплового потока по сечению наружной стены в месте сопряжения кладки с перекрытием в уровне оконного проема**



$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  — толщины слоев наружной ограждающей конструкции, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  — коэффициенты теплопроводности материалов слоев наружной ограждающей конструкции,  $Вт / (м \cdot ^\circ C)$ ;

$r_1$  — коэффициент теплотехнической однородности, учитывающий влияние теплопроводных включений на температурное поле внутренней поверхности расчетного участка ограждающей конструкции  $r_1 = R_{T,ПР}^{PY} / R_{ГЛ}$ ;

$r_2$  — коэффициент теплотехнической однородности, учитывающий влияние откосов проемов и междуэтажных перекрытий  $r_2 = R_{T,ПР} / R_{T,ПР}^{PY}$ .

Для примера выполнен расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен жилого дома с нормативным уровнем теплозащиты  $R_{Т,Норм} = 2,00 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ . Наружные стены здания запроектированы кладкой из ячеистобетонных блоков ( $\delta = 400 мм$ ,  $\rho = 500 кг / м^3$ ,  $W = 12 \%$ ,  $\lambda_{кл} = 0,205 Вт / (м \cdot ^\circ C)$ ) на клеевом растворе с наружной штукатуркой полимерцементным раствором толщиной 4 мм и внутренней штукатуркой известковопесчаным раствором толщиной  $\delta_{шт} = 10 мм$ . Над оконными проемами наружные стены выполнены с ячеистобетонными перемычками ( $\rho = 700 кг / м^3$ ). В уровне дисков междуэтажных перекрытий, а также в откосах проемов стен (снаружи) дополнительно утеплены плитами минераловатными толщиной  $\delta = 50 мм$ .

Фрагмент плана типового этажа с выделенным расчетным участком наружных стен показан на рисунке 4. Сопротивление теплопередаче по "глади" наружной стены —  $R_{ГЛ} = 2,127 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ .

Результаты расчетов температурных полей фрагментов и сечений наружных стен показаны на рисунках 5—7. Плотности теплового потока через участки наружных стен приведены в таблице 1, приведенные сопротивления теплопередаче и коэффициенты тепло-технической однородности — в таблице 2.

Результаты расчетов указывают на наличие значительных стоков теплоты через участки междуэтажного перекрытия и откосов проемов, несмотря на их дополнительную теплозащиту (снаружи) минераловатными плитами. При этом коэффициент тепло-технической однородности с учетом влияния откосов проема наружной стены, а также участков междуэтажного перекрытия составил  $r_2 = 0,694$ , а приведенное сопротивление теплопередаче —  $R_{Т,пр}^0 = 1,34 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , что значительно меньше нормативной величины сопротивления теплопередаче  $R_{Т,Норм} = 2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Свои особенности имеет расчет приведенного сопротивления теплопередаче при наличии в толще или у наружной поверхности ограждающей конструкции воздушных вентилируемых прослоек (далее – ВВП). Следует отметить, что использование в конструкциях ВВП позволяет улучшить их влажностный режим, исключив накопление влаги в их толще.

Свои особенности имеет расчет приведенного сопротивления теплопередаче при наличии в толще или у наружной поверхности ограждающей конструкции воздушных вентилируемых прослоек.

При выполнении расчетов приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций с ВВП при определении расчетных условий следует учитывать воздействие ветра на здание. Экспериментальными исследованиями [6] установлено, что при ветровом воздействии на здание у вентилируемых фасадных систем значительно увеличивается скорость движения воздуха в ВВП. Для таких условий коэффициент теплообмена поверхностей в ВВП с потоком воздуха может быть принят равным  $\alpha_{вп} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , а средняя температура воздуха в ВВП на  $2...4 \text{ °C}$  выше температуры наружного воздуха.

Определение влияния элементов крепления защитных экранов и под облицовочной конструкции на уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций с ВВП также выполняется на основании расчетов температурных полей. Расчетная модель должна содержать слои конструкции, расположенные за ВВП и контактирующие с наружным воздухом. Упрощение геометрической модели удалением защитных экранов или других слоев, расположенных за ВВП, недопустимо, т.к. приводит к значительным ошибкам.

Влияние элементов крепления защитных экранов и слоя теплоизоляции рассмотрено в работе «Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики» [7]. В зависимости от типов креплений и их количества на единицу площади снижение величины сопротивления теплопередаче, рассчитанного по «глади», может достигать 30%.

Влияние элементов крепления защитных экранов и слоя теплоизоляции рассмотрено в работе «Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики» [7]. В зависимости от типов креплений и их количества на единицу площади снижение величины сопротивления теплопередаче, рассчитанного по «глади», может достигать 30%.

## Выводы

1. Основным показателем уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций следует считать приведенное сопротивление теплопередаче. В ТКП [1] на сегодняшний день определение, нормирование и методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче конструкций отсутствуют.

2. Конструктивные решения современных автоматизированных систем отопления зданий позволяют осуществлять как индивидуальное, так и групповое регулирование отпуска тепловой энергии для поддержания заданной температуры внутреннего воздуха в помещениях. Для таких условий эксплуатации возможно выполнять расчеты приведенного сопротивления теплопередаче для каждой из наружных ограждающих конструкций по одному выбранному расчетному участку, имеющему наибольшее количество теплопроводных включений на единицу площади. Т.е. определять наилучшие теплозащитные характеристики ограждающих конструкций, по которым производить дальнейшие расчеты теплопотерь помещений здания.

3. Для определения приведенного сопротивления теплопередаче с учетом наличия теплопроводных включений в толще конструкций, а также откосов проемов и междуэтажных перекрытий предложена методика, основанная на расчете температурных полей отдельных выделенных фрагментов с последующим усреднением полученных результатов по поверхности конструкции. Методика позволяет выполнить анализ конструктивных решений наружных ограждающих конструкций с целью обеспечения их нормируемого приведенного сопротивления теплопередаче.

## Литература

1. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования ТКП 45-2.04-43-2006. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 32 с.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНБ



**Таблица 1. Расчетные участки ограждающих конструкций**

| Внутренняя поверхность наружной стены |             | Поверхность откосов проема наружной стены |             | Поверхность потолка междуэтажного перекрытия |             | Поверхность пола междуэтажного перекрытия |             |
|---------------------------------------|-------------|---|-------------|--|-------------|---|-------------|
| $F_{пу}, м^2$                         | $q, Вт/м^2$ | $F_{от}, м^2$                             | $q, Вт/м^2$ | $F_{пер_в}, м^2$                             | $q, Вт/м^2$ | $F_{пер_н}, м^2$                          | $q, Вт/м^2$ |
| 10,72                                 | 21,69       | 0,9636                                    | 24,90       | 3,584  | 16,75       | 3,584                                     | 5,13        |

**Таблица 2. Приведенные сопротивления теплопередаче и коэффициенты теплотехнической однородности наружной стены**

| Приведенное сопротивление теплопередаче (расчет по формуле (3)) |                              | Приведенное сопротивление теплопередаче с учетом влияния откосов проема наружной стены (расчет по формулам (3) и (9)) |                                     | Приведенное сопротивление теплопередаче с учетом влияния откосов проема и участков междуэтажного перекрытия (расчет по формулам (3) и (10)) |                                |
|---|------------------------------|---|-------------------------------------|---|--------------------------------|
| $R^{py}_{т.пр}, м^2 \cdot °C/Вт$                                | $g_1 = R^{py}_{т.пр}/R_{гд}$ | $R^{om}_{т.пр}, м^2 \cdot °C/Вт$  | $g_2 = R^{om}_{т.пр}/R^{py}_{т.пр}$ | $R_{т.пр}, м^2 \cdot °C/Вт$   | $g_2 = R_{т.пр}/R^{py}_{т.пр}$ |
| 1,936   | 0,910                        | 1,755   | 0,907                               | 1,344   | 0,694                          |

4.02.01-03. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2004. – 78 с.

3. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Глава 3. Строительная теплотехника. СНиП II-3-79. – М.: ГОССТРОЙ СССР, 1979. – 32 с.

4. Богословский, В.Н. Строительная теплотехника / В.Н. Богословский. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.

5. Строительная теплотехника. СНБ 2.01.01-93. – Минск: Государственный комитет Республики Беларусь по архитектуре и строительству, 1994. – 29 с.

6. Протасевич, А.М. Натурные исследования наружных стен зданий, теплоизолированных по системе «вентилируемый фасад» / А.М. Протасевич, А.Б. Крутилин // Современные фасадные системы: эффективность и долговечность: Материалы научно-технической конференции. Москва, 21 ноября 2008 г. / МГСУ. – М., 2008. – С. 212–217.

В ТКП [1] на сегодняшний день определено, нормирование и методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче конструкций отсутствуют.

7. Протасевич, А.М. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики / А.М. Протасевич, А.Б. Крутилин // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – №8. – С. 57–62.

**От редакции**

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче строительных конструкций приобретает особую важность с учетом широкого охвата отрасли требованиями по обязательному проектированию энергоэффективного жилья. Особый интерес вызывает предложенная авторами методика, основанная на расчете температурных полей отдельных выделенных фрагментов с последующим усреднением полученных результатов по поверхности. Расчет температурного поля – отдельная тема, обратиться к которой мы планируем в следующих номерах журнала. ■