

УДК 697.311.

ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ БАЗЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ В ПОТОКЕ, ПЕРЕХОДЯЩЕМ ЧЕРЕЗ МОК

Прусенков Н.А., к.т.н., доцент

Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
г.Одесса

Цель публикации – сопоставление потерь тепловыми потоками, пересекающими Многослойную Ограждающую Конструкцию (МОК), рассчитанных на базе методик, изданных в различные годы существования теории теплообмена, и выявление перспективных направлений создания способов их регулирования.

Нормативно-теоретические основы проектирования ограждений сформированные на базе определения потерь энергии тепловыми потоками, переходящими через ограждающие конструкции, с помощью закона Ж. Фурье [1]:

$$q = - \lambda x \text{grad}(t), \text{ вт/м}^2, \dots \dots \dots (1)$$

где:

- q , вт/м² – потеря удельной плотности теплового потока МОК;
- λ , вт/(мх°К) – теплопроводность ограждающей конструкции;
- $\text{grad}(t)$, °К (°С) – градиент температуры в переходящем потоке.

При этом регламентирующей проектные решения по выбору конструкции ограды (МОК) величиной все существовавшие ранее нормы [2], действующие в настоящее время [3,4] нормы и пионерные рекомендации [5] считают удельное сопротивление переходу тепла через ограждение (R - удельное термическое сопротивление), принятое для каждой самостоятельной ограды в расчетах всегда постоянной величиной:

$$R = \delta / \lambda, (\text{м}^2 \text{х}^\circ\text{К}) / \text{вт}, \dots \dots \dots (2)$$

где:

- R , (м²х°К)/вт – удельное термическое сопротивление ограждающей конструкции;
- δ , м² – толщина МОК;
- λ , вт/(мх°К) – теплопроводность всей ограждающей конструкции.

Перечисленные нормативы и учебники [1-5] формируют научно-теоретическую базу расчетов МОК на требования выполнения условий постоянства геометрических размеров ограждения ($\delta = \text{const}$) и физических свойств материалов ($\lambda = \text{const}$), из которых оно изготовлено, регла-

ментирующих неизменность удельного термического сопротивления ($R=\text{const}$). Это является приоритетным принципом, объединяющим все узаконенные методики расчета и проектирования ограждающих конструкций, в т.ч. МОК. Фактически, указанный приоритет соблюдается материалами, ограниченными в способности передвигаться в пределах слоя и переносить при этом в себе (в среде, из которой он состоит) тепловую энергию вдоль этого слоя. Рассмотренные нормативы считают и называют их замкнутыми слоями и материалами. В то же время, перечисленные документы узаконивают наличие или возможность существования вентиляционных слоев МОК, способных перемещаться вдоль поверхностей ограждения – подвижные слои. Этот промах в существующей научно-теоретической базе очевиден, но оставлен без внимания. В силу этого, избегая противоречивых объяснений, свойства, проявляемые подвижными тепловыми потоками в ограждениях, действующие нормы из расчетов теплотехнических характеристик исключают [1-4]. Только «Рекомендации по устройству вентилируемых фасадов...»[5], посчитали возможным учитывать в расчетах потерь тепла термическое сопротивление замкнутой составляющей подвижного (вентиляционного) потока МОК. Но при этом, в соответствии с узаконенными нормативами и базовым приоритетом, все свойства материалов МОК используемые в расчетах, формируются в период осуществления капитальных затрат по созданию ограждений, исключая возможность компенсации потерь тепловой энергии в период их эксплуатации [6,7].

Графическое сопоставление потерь энергии тепловыми потоками, переходящими через ограждающие конструкции, уже выполнялось для сравнения потерь одинаковыми конструкциями оград, расположенных в различных климатических зонах [8]. Введение в практику проектирования МОК современной карты разделения территории Украины всего на две температурные зоны существенно изменяет результаты расчетов потерь энергии потоками, переходящими через ограждения [3,4]. В данной публикации, аналогично проведено сравнение потерь, рассчитанных для одинаковых конструкций, созданных в соответствии с требованиями, предъявляемыми различными нормативными базами [2-5], действующими и действовавшими в различное время, но в идентичных условиях. Установленная в проектировании ограждений приоритетность удельного термического сопротивления, однозначно декларируемая всеми сопоставляемыми документами, регламентирует необходимость априорного, до начала выбора наиболее эффективных указаний и проектных решений, определения расчетного значения приоритетной

характеристики ограждающей конструкции (R). Сопоставлены расчеты выполненные методами:

А. Разработанными на основе существовавшей ранее нормы проектирования ограждений [2]. (Действующими в прошлом тысячелетии).

Б. Опирающимися на действующие нормы [3,4]. (Узаконенными в 2006 году).

В. Предусматривающими увеличение удельного термического сопротивления конструкции за счет включения дополнительного слоя (замкнутой составляющей воздушной прослойки), как предусмотрено рекомендациями 2002 года [5]. (Пионерные рекомендации, не поддерживаемые отечественной базой норм).

Исходные данные в примерах, выбранные для гражданского здания в городе Одесса, считаются одинаковыми всеми сопоставляемыми вариантами норм:

$t_{в}=20,0,^{\circ}\text{C}$; $t_{н}=-18,0,^{\circ}\text{C}$; ; $\Delta t=38,0,^{\circ}\text{C}$; $\Delta t^{\text{H}}=6,0,^{\circ}\text{K}$; $\alpha_{в}=8,7, \text{вт}/(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K})$ – см.[2-5].

А. Для существовавшей ранее нормы (без учета коэффициента теплотехнической однородности):

$$R_{\text{огр}} = R_{\text{о}}^{\text{TP}} = n \times (t_{в} - t_{н}) / (\Delta t^{\text{H}} \times \alpha_{в}), (\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт}, \dots \dots \dots (3)$$

где:

- $R_{\text{о}}^{\text{TP}}$, $(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт}$ – требуемое термическое сопротивление МОК;
- n , б.р. – конструктивный коэффициент ($n=1$);
- $t_{в}$, $^{\circ}\text{C}$ – расчетная температура внутреннего воздуха ($t_{в}=20,0,^{\circ}\text{C}$);
- $t_{н}$, $^{\circ}\text{C}$ – расчетная температура наружного воздуха ($t_{н}=-18,0,^{\circ}\text{C}$);
- Δt^{H} , $^{\circ}\text{C}$ – перепад на внутренней поверхности ($\Delta t^{\text{H}}=6,0,^{\circ}\text{C}$);
- $\alpha_{в}$, $\text{вт}/(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K})$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции ($\alpha_{в}=8,7, \text{вт}/(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K})$).

$$R_{\text{огр}} = R_{\text{о}}^{\text{TP}} = 1,0 \times (20,0 - (-18,0)) / (6,0 \times 8,7) = 0,728, (\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт}, (3^*)$$

A* То же, что для формулы (3), но с учетом коэффициента теплотехнической однородности (см. Таблица 9а*, стр.10 [2]). В публикации принято $г\phi=1,80$ б.р.

Это значит, что существовавшая ранее норма допускала определенный люфт при определении расчетных значений термических сопротивлений. Данный факт требует дополнительных пояснений и нормативных рекомендаций, не предусмотренных содержанием и объемом представленной публикации:

$$R_{\text{огр}} = R_{\text{о}}^{\text{TP}} \times г\phi = [г\phi \times n \times (t_{в} - t_{н})] / (\Delta t^{\text{H}} \times \alpha_{в}), (\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт}, \dots \dots \dots (4^*)$$

$$R_{\text{огр}} = 1,8 \times 1,0 \times (20,0 - (-18,0)) / (6,0 \times 8,7) = 1,310, (\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт}, \dots \dots \dots (4^*)^*$$

Б. Для всех расчетов – Одесса, находится в третьей температурной зоне [3]:

$$R_{\text{огр}} = R_{\text{qmin}}, (\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт} – \text{термическое сопротивление МОК}, \dots \dots (5)$$

где:

$$R_{\text{огр}} = 2,20, (\text{м}^2\text{х} \text{ }^\circ\text{К})/\text{вт} - \text{ для стен (см. Таблица 1, стр.4 [3])} \dots\dots(5^*)$$

В. Для рассматриваемых дополнений, предложенных в «Рекомендациях...» [5], ориентируясь на их ограниченность, не позволяющую изменять установленные и действующие нормативы, целесообразно уже сточить условия задачи, привязкой ожидаемых решений к обязательности выполнения требований действующей нормы [3]. Значит, удельное сопротивление переходу теплового потока многослойной ограждающей конструкции считается постоянным и соответствует установленному нормативу ($R_{\text{огр}} = R_{\text{qmin}} = 2,20, (\text{м}^2\text{х} \text{ }^\circ\text{К})/\text{вт}$ [2]). Предложенные преобразования основываются на неизменности закономерностей, установленных теорией теплообмена [1,3]. Удельное сопротивление теплопередаче замкнутой воздушной прослойки ($R_{\text{звп}}, (\text{м}^2\text{х} \text{ }^\circ\text{К})/\text{вт}$), являющееся характеристикой одного из общего числа (x) слоев:

$$R_x = R_{\text{звп}}, (\text{м}^2\text{х} \text{ }^\circ\text{К})/\text{вт} \dots\dots\dots (6)$$

Его следует считать заданным конструктивным решением, предполагающим регламентацию возможности получения экономии за счет снижения потерь на материальные затраты:

$$R_x = R_{\text{звп}} = 0,15, (\text{м}^2\text{х} \text{ }^\circ\text{К})/\text{вт}, \dots\dots\dots(6^*)$$

где:

- $R_x, (\text{м}^2\text{х} \text{ }^\circ\text{К})/\text{вт}$ – удельное термическое сопротивление любого слоя (x) МОК;
- $R_{\text{звп}}, (\text{м}^2\text{х} \text{ }^\circ\text{К})/\text{вт}$ – удельное термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки многослойного ограждения (одного из слоев - см.Таблица И.1., стр.23 [3]), при положительной температуре подаваемого потока.

Тогда, изменения характеристик многослойной ограждающей конструкции, созданной в соответствии с нормой, представляются величинами, пропорциональными отношению удельных термических сопротивлений, учитываемого слоя (сокращения затрат) к нормативному значению. Для пункта В. этого параграфа:

$$\% \text{эк} = 100x(R_{\text{звп}}/R_{\text{огр}}), \%, \dots\dots\dots (7)$$

где:

- $\% \text{эк}, \%$ – процент сокращения затрат на обеспечение норматива термического сопротивления ограждения, при заданном температурном перепаде.

Налицо уменьшение минимально допустимого удельного термического сопротивления ограды ($R_{\text{qmin}}^* = 2,20-0,15, (\text{м}^2\text{х} \text{ }^\circ\text{К})/\text{вт}$) на величину заранее созданного сопротивления теплопередаче замкнутой составляющей ($R_{\text{звп}} = 0,15, (\text{м}^2\text{х} \text{ }^\circ\text{К})/\text{вт}$). При этом, удельное термическое сопротивление всей ограждающей конструкции сохраняется в

неизменности ($R_{огр} = 2,20, (м^2 \times ^\circ K)/вт$ -см.ф.(5*), согласно требованиям действующей нормы, а соответственно, сохраняются и потери плотности теплового потока через многослойную ограждающую конструкцию. Оказывается возможным ориентировочно прогнозировать сокращение доли капитальных затрат при устройстве в МОК каждого дополнительного вентилируемого (подвижного) слоя:

$$\% \text{э}к = 100 \times (0,15/2,20) = 6,82, \% \dots \dots \dots (7*).$$

Примечания:

1. В данной публикации, значение $R_{звп} = 0,15, (м^2 \times ^\circ K)/вт$, выбрано с учетом выполнения требований, указанных рекомендацией [5], но для положительной температуры воздуха в расчетном слое, что отличается от примера, приведенного в указанных рекомендациях, $R_{звп} = 0,175, (м^2 \times ^\circ K)/вт$;

2. Отечественный законодатель пытается уточнить нормативы значений термических сопротивлений изменением числа температурных зон. Могут обновиться расчетные характеристики, но сохранение объективности базы следует отстаивать [3,4]. Пока $R_{огр} = 2,20, (м^2 \times ^\circ K)/вт$ - см. ф.(5*) [3].

Действующая норма [3] допускает возможность устройства в многослойном ограждении нескольких воздушных слоев и прослоек, что вселяет надежду на пропорциональное числу воздушных слоев увеличение доли экономии материальных затрат. Но указаний и уточнений для реализации предложенного допущения в действующей норме [3] нет. Число и характеристики воздушных прослоек рассчитываются и определяются с позиций конструктивных рекомендаций, оперировать же расчетными значениями аналогичных величин, используемых в других странах, например [5], не следует из-за опасности нарушения отечественной нормы [3].

Сопоставление расчетных значений удельного сопротивления теплопередаче для одинаковых конструкций, находящихся в одинаковых условиях, но регламентированных различными нормативами, свидетельствует, что базовые характеристики, предложенные для принятия проектных решений каждым из сравниваемых документов [2-5], существенно отличаются. Руководства, регламентирующего проектирование МОК, ограничивающегося обеспечением норматива минимально допустимого значения термического сопротивления явно недостаточно. Весьма существенным оказывается перепад потерь плотностей тепловых потоков при неизменном термическом сопротивлении ограждения и экстремальных нормативах температур, сравнительно со средней температурой отопительного периода [1,2,3]. Создается даже впечатление, что указанные разночтения и сохранение в расчетах приори-

тега за величиной термического сопротивления – это сознательная фальсификация, способствующая акцентированию внимания регулирования потерь потоками через ограждения на этапе капитальных затрат, пренебрегая эксплуатационным этапом [3,6,7]. Необходимы дополнительная информация и теоретические обоснования, доказывающие преимущества и приоритетность выбора наиболее эффективного варианта проектирования, чем обоснование научно-теоретической базы теплотехнического расчета постоянством термического сопротивления МОК.

Температуры на внутренней и наружной поверхностях подвижных слоев, а так же средняя температура среды расчетного слоя и температурный напор в нем, указанным отечественным [3] документом не нормируются. В действующей ДБН, как и во всех сопоставляемых документах [2-5], правил размещения подвижных слоев и определения их теплотехнических характеристик, учитывающих процесс, происходящий в подвижном слое, нет. Вообще, в отечественной нормативной базе, следовательно, в правилах и методических указаниях проектирования слоев ограждающих конструкции, допущенных к использованию в настоящее время, нет норм и рекомендаций по созданию слоев, изменяющих теплотехнические характеристики ограждающей конструкции в период эксплуатации, для регулирования потерь энергии потоками, переходящими через нее. Отечественная норма, как и сопоставляемые нормативы и указания [2-5] считают достаточным представление воздушных и вентилируемых слоев и прослоек элементами конструкции, равноценными замкнутым слоям, пренебрегая свойствами элементов, связанными с подвижностью среды. Возможно, это объясняет исключение нормой из расчетов слоев, взаимодействующих с окружающим пространством [3]. Срочно необходимо пересмотреть и узаконить допустимость использования свойств, проявляемых подвижными средами, из которых могут состоять слои ограждающих конструкций, для регулирования приоритетных теплотехнических характеристик МОК и потерь энергии потоками, переходящими через них.

Выводы

1. Все известные нормативы, формирующие методики расчетов потерь энергии потоками, пересекающими МОК, регламентированы теорией теплообмена, базирующейся на законах Ж.Фурье [1-5].
2. Неоднозначность величин и методов расчетов удельных термических сопротивлений, установленная в этой публикации ретроспективным сопоставительным анализом, стимулирует необходимость углуб-

ления исследований, направленных на развитие способов уменьшения потерь энергии за счет компенсации потерь в период эксплуатации [6,7].

3. Сохраняя накопленный теоретико-практический опыт устройства и эксплуатации МОК, целесообразно расширить использование свойств, проявляемых подвижными средами, способными формировать их подвижные слои [8].

4. Необходимы обоснованные дополнения действующих норм, допускающие расширение используемого потенциала свойств подвижных слоев МОК, которые целесообразно включить в действующую ДБН (или дополнить ее), параллельно с шагами по их исправлению и модернизации [4].

Summary

Discrepancies in the definition of the basic characteristics of the heat losses in the Layered Fencing Construction (LFC) - thermal resistivity - stimulates the search for pioneer methods regulation of energy flows crossing the fence during operation by using properties of the moving layers of structures.

Литература

1. Тихомиров К.В., Сергиенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция.- М.: Стройиздат,1991г., 480стр., с ил.
2. СНиП 11-3-79** СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА. - М.: Госстрой, 1986., 32с.
3. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель. - Київ: Мінбуд України «Укрбудінформ», 2006р., 65ст.
4. ДБН В.2.6-31:2013 Теплова ізоляція будівель. Зміни №1.-Київ: Мінбуд України «Укрбудінформ», 2013р.
5. Рекомендации к проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для строительства и реконструкции строений.– М: Москомархитектура, 2002г., 104ст., с ил.
6. Прусенков Н.А. Капитальные и эксплуатационные затраты ограждений.-Одеса:ВІСНИК ОДАБА, вип.№45, ст.199-202, 2012р.
7. Прусенков Н.А. Компенсация потерь тепла в «подвижном слое». – Одеса: ОДАХ, Холодильна техніка і технологія №1(135), 2012, ст.46 - 49.
8. Прусенков Н.А. Дополнительные свойства потоков для снижения потерь ограждениями.– Одеса: ОДАХ, Холодильна техніка і технологія №3(137), 2012, ст.40 - 42.