

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/м<sup>2</sup> – потеря удельной плотности теплового потока МОК;
- $\lambda$ , 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:

- $R$ , (м<sup>2</sup>х°К)/вт – удельное термическое сопротивление ограждающей конструкции;
- $\delta$ , м<sup>2</sup> – толщина МОК;
- $\lambda$ , 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 поддержанные 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):

$$R_{\text{огр}} = R_0^{\text{TP}} = n \times (t_{в} - t_{н}) / (\Delta t^{\text{H}} \times \alpha_{в}), (\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт}, \dots \dots \dots (3)$$

где:

- $R_0^{\text{TP}}$ ,  $(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт}$  – 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 ( $t_{н}=-18,0,^{\circ}\text{C}$ );
- $\Delta t^{\text{H}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$  – 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 ( $\alpha_{в}=8,7, \text{вт}/(\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K})$ ).

$$R_{\text{огр}} = R_0^{\text{TP}} = 1,0 \times (20,0 - (-18,0)) / (6,0 \times 8,7) = 0,728, (\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт}, (3^*)$$

А\* 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:

$$R_{\text{огр}} = R_0^{\text{TP}} \times г\phi = [г\phi \times n \times (t_{в} - t_{н})] / (\Delta t^{\text{H}} \times \alpha_{в}), (\text{м}^2 \times ^{\circ}\text{K}) / \text{вт}, \dots \dots \dots (4^*)$$

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

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:

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

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 ( $R_{\text{огр}} = R_{\text{qmin}} = 2,20, (\text{м}^2 \times \text{°K})/\text{вт}$  [2]). Предложенные преобразования основываются на неизменности закономерностей, установленных теорией теплообмена [1,3]. Удельное сопротивление теплопередаче замкнутой воздушной прослойки ( $R_{\text{звп}}, (\text{м}^2 \times \text{°K})/\text{вт}$ ), являющееся характеристикой одного из общего числа ( $x$ ) слоев:

$$R_x = R_{\text{звп}}, (\text{м}^2 \times \text{°K})/\text{вт} \dots\dots\dots (6)$$

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

$$R_x = R_{\text{звп}} = 0,15, (\text{м}^2 \times \text{°K})/\text{вт}, \dots\dots\dots(6^*)$$

где:

- $R_x, (\text{м}^2 \times \text{°K})/\text{вт}$  – удельное термическое сопротивление любого слоя ( $x$ ) МОК;
- $R_{\text{звп}}, (\text{м}^2 \times \text{°K})/\text{вт}$  – 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 ( $R_{\text{qmin}}^* = 2,20-0,15, (\text{м}^2 \times \text{°K})/\text{вт}$ ) на величину заранее созданного сопротивления теплопередаче замкнутой составляющей ( $R_{\text{звп}} = 0,15, (\text{м}^2 \times \text{°K})/\text{вт}$ ). 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.