

Гагарин В.Г., Козлов В.В.
НИИСФ РААСН, г. Москва
Неклюдов А.Ю.
МГСУ, г. Москва

УЧЕТ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

1. Введение.

Известны различные теплозащитные характеристики ограждающих конструкций: термическое сопротивление, сопротивление теплопередаче, приведенное сопротивление теплопередаче, коэффициент теплопередачи, величина U и др. Эти характеристики используются в различных расчетах, однако их основная техническая роль заключается в расчете потерь тепловой энергии помещением для определения необходимой мощности нагревательного или охлаждающего оборудования. С этой точки зрения наиболее полными характеристиками являются приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции и обратная величина к этой характеристике - коэффициент теплопередачи теплопередаче ограждающей конструкции. Обе эти характеристики учитывают потоки теплоты как «по глади конструкции», так и через теплопроводные включения (тепловые мостики). Соотношения этих потоков теплоты варьируются для различных ограждающих конструкций.

Нормирование приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций было введено в СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника» в 1979 году [1]. Его нормированию предшествовали работы К.Ф.Фокина, Ф.В.Ушкова, Г.К.Авдеева и др. После этого расчету приведенного сопротивления теплопередаче было посвящено много работ Г.К.Авдеева, И.Н.Бутовского, В.Н.Богословского, С.Г.Черникова, Ф.В.Ушкова и многих других отечественных специалистов [2-4]. Методика расчета была включена в пособия к СНиП, в частности в [5]. При проведении актуализации СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» был выполнен анализ состояния вопросов, связанных с расчетом приведенных сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций [6]. При этом было установлена неоднозначность методики расчета представленной в [5] и даже отсутствие приемлемого определения понятия приведенного сопротивления теплопередаче в нормативных документах.

В настоящей статье изложены основы метода расчета приведенного сопротивления теплопередаче, представленного в [7] и некоторые возможные следствия из этого метода.

2. Определение понятия «приведенного сопротивления теплопередаче» фрагмента ограждающей конструкции.

Пусть имеется фрагмент ограждающей конструкции (не обязательно плоской) с площадью поверхности A , m^2 , с теплопроводными включениями или без оных. Пусть по разные стороны ограждающей конструкции имеется перепад температуры воздуха, а именно: по од-

ну сторону t_e , °С, по другую сторону t_n , °С. Определения характеристик теплозащитных свойств ограждающих конструкций могут быть сформулированы следующим образом [4]:

Приведенным сопротивлением теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции называется физическая величина численно равная отношению перепада температуры воздуха по разные стороны ограждающей конструкции, к осредненной по площади фрагмента плотности потока теплоты через данный фрагмент конструкции при стационарных условиях теплопередачи. Данное определение эквивалентно следующему: *приведенным сопротивлением теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции* называется физическая величина численно равная перепаду температуры воздуха по разные стороны ограждающей конструкции, при котором в стационарных условиях теплопередачи осредненная по площади фрагмента плотность потока теплоты через данный фрагмент конструкции, равна 1 Вт/м². Данное определение соответствует формуле:

$$R_o^{np} = \frac{t_e - t_n}{\left(\int_A q dA \right) / A} \quad (1)$$

Где q - плотность потока теплоты через поверхность ограждающей конструкции, Вт/м²;

A - площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции, по которой проходит осреднение плотности потока теплоты, м².

Здесь следует отметить, что под площадью фрагмента, A , может пониматься, как площадь внутренняя, т.е. граничащая с внутренним воздухом, так и наружная поверхности фрагмента, т.е. граничащая с наружным воздухом. Важно, чтобы при дальнейшем расчете теплопотерь через фрагмент ограждающей конструкции использовалась эта же площадь.

В качестве фрагмента ограждающей конструкции может быть взята стена отдельного помещения здания, стена всего здания, от цоколя до парапета и по всему периметру, какой либо участок стены или покрытия и т.д. Важно учитывать, что приведенное сопротивление теплопередаче в последующих расчетах должно быть «связано» с принятой площадью рассматриваемого фрагмента.

Условным сопротивлением теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции называется приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента (условной) многослойной ограждающей конструкции, в которой отсутствуют теплопроводные включения, толщина слоев в любом ее сечении одинакова, слои плоские и расположены перпендикулярно направлению потока теплоты через конструкцию.

Коэффициентом теплотехнической однородности фрагмента ограждающей конструкции называется величина, обратная отношению потока теплоты через рассматриваемый фрагмент конструкции к сумме (условных) потоков теплоты через участки (условных) ограждающих конструкций (без теплопроводных включений), составляющих рассматриваемый фрагмент.

Сформулированные определения можно уточнять и совершенствовать. Но в рамках данной статьи эти определения являются достаточными. Формулы для расчета приведенного сопротивления теплопередаче конструкций, используемые в статье, вытекают непосредственно из этих определений. Например, из сопоставления определений непосредственно следует, что коэффициент теплотехнической однородности равен отношению приведенного к условному сопротивлению теплопередаче ограждающей конструкции. Важно подчеркнуть, что эти определения не опираются на понятие термического сопротивления, это позволяет

избежать неопределимого понятия «приведенное термическое сопротивление», использование которого является логической ошибкой и затрудняет проведение расчетов. Кроме того, приведенное сопротивление теплопередаче определяется через поток теплоты и разность температур, а не через просто «сопротивление теплопередаче» и коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, что вносило путаницу в методику проведения расчетов, изложенную в [5].

Существенной особенностью «приведенного сопротивления теплопередаче» является то, что оно относится к определенному *фрагменту* ограждающей конструкции. Если этот фрагмент не указан, то понятие, вообще говоря, лишено смысла. Однако обычно из контекста ясно, какой фрагмент имеется в виду. Наконец, можно заметить, что понятие просто «сопротивление теплопередаче» ограждающей конструкции является лишним и практически может не использоваться. Оно было введено в учебниках, например, в книге К.Ф. Фокина [5] в то время, когда конструкций с существенными теплопроводными включениями было очень мало и понятие «приведенное сопротивление теплопередаче» отсутствовало. Возможно, что со временем из названия «приведенное сопротивление теплопередаче» исчезнет слово «приведенное», но смысл этого термина сохранится.

В настоящее время, приведенное сопротивление теплопередаче фактически является единственной характеристикой теплозащиты *отдельной ограждающей конструкции*. Именно эту характеристику можно измерить непосредственно для конструкции, хотя такое измерение является сложной задачей и только единицы исследователей способны его выполнить, несмотря на наличие ГОСТ [8]. Условное сопротивление теплопередаче характеризует несуществующую конструкцию его можно использовать в методических целях, но как характеристика теплозащиты оно непригодно и измерить его можно в ограниченном числе случаев. Коэффициент теплотехнической однородности, не являясь показателем теплозащиты, характеризует конструкцию с точки зрения эффективности использования в ней теплоизоляционных материалов. Этот коэффициент зависит от того, какая конструкция принята в качестве условной (и какой фрагмент рассматривается), что вносит дополнительную неопределенность. В связи с этим для определения теплозащиты ограждающей конструкции следует непосредственно рассчитывать приведенное сопротивление теплопередаче исходя из определения (дефиниции) этой величины, а затем в качестве справочной величины рассчитывать коэффициент теплотехнической однородности конструкции (если это требуется), а не наоборот, как часто делается. Именно такой порядок расчетов использован в настоящей статье.

3. Элементный подход к расчету приведенного сопротивления теплопередаче.

Элементный подход заключается в представлении фрагмента ограждающей конструкции в виде совокупности элементов (отсюда название подхода). Элементы – это детали, из которых состоит фрагмент, причем они могут находиться как близко, так и далеко друг от друга. При любом взаимном расположении они рассматриваются независимо друг от друга. Т.е их взаимным влиянием пренебрегается. Каждый элемент оказывает некоторое влияние (возможно и нулевое) на поток теплоты через конструкцию. Это влияние можно выразить соответствующим потоком теплоты, ΔQ_m , через рассматриваемый фрагмент ограждающей конструкции. Полная совокупность этих элементов составляет рассматриваемый фрагмент ограждающей конструкции, а сумма потоков теплоты, обусловленная совокупностью всех этих элементов, равна полному потоку теплоты через фрагмент ограждающей конструкции:

$$\left(\int_A q dA \right) = \sum \Delta Q_m \quad (2)$$

Поток теплоты, обусловленный каждым из этих элементов, может быть охарактеризован удельной величиной потока, умноженной на размерный геометрический показатель. Для введения соответствующих геометрических показателей и характеристик удельной величины потока обусловленной каждым элементом, рассматриваются проекции этих элементов на поверхность фрагмента ограждающей конструкции. Поскольку рассматривается общий поток теплоты через *площадь* поверхности ограждения, геометрический показатель которой имеет размерность 2 (т.е. измеряется в м²), то размерность геометрических показателей проекций элементов может быть равной только: 2, 1 или 0. Геометрические показатели проекций элементов будут соответственно измеряться в м², в м или в штуках (единицах). Предлагается классифицировать элементы по размерности их проекций и условно называть элементы в первом случае – *плоскими*, во втором – *линейными*, в третьем – *точечными*. Конечно, разделение элементов на указанные три типа является условным. *Точечным*, элемент может быть назван, если размеры его проекции на поверхность ограждения малы по сравнению с площадью рассматриваемого фрагмента ограждающей конструкции; примерами точечных элементов могут служить дюбели со стальным сердечником, которые используются для крепления слоя теплоизоляции к стене здания или кронштейны в вентилируемых фасадах. *Линейным*, элемент может быть назван, если один его размер существенно меньше другого, и мал по сравнению с размерами рассматриваемого фрагмента ограждающей конструкции; примерами линейных элементов могут служить оконные откосы, стыки наружной стены с перекрытием, дистанционные рамки в стеклопакетах и т.д. *Плоским* элементом называется элемент (часть фрагмента ограждающей конструкции), площадь проекции которого сопоставима с площадью поверхности рассматриваемого фрагмента или даже равна ей. Эта часть фрагмента, названа так для общности описания подхода к расчету. Плоские элементы в старых обозначениях – это «гладь ограждающей конструкции» (такое название было введено в пятидесятых годах, а может быть и ранее). Примером плоского элемента является участок однородной стены любой конструкции. Рассмотренные элементы для общности называются теплозащитными элементами.

Выражение (1) может быть преобразовано следующим образом:

$$R_o^{np} = \frac{t_e - t_n}{\left(\int_A q dA \right) / A} \approx \frac{t_e - t_n}{\left(\sum \Delta Q_m \right) / A} = \frac{1}{\left(\sum \frac{\Delta Q_m}{t_e - t_n} \right) / A} = \frac{1}{\left(\sum \frac{\Delta Q_i}{(t_e - t_n) A_i} + \sum \frac{\Delta Q_j}{(t_e - t_n) L_j} + \sum \frac{\Delta Q_k}{(t_e - t_n) N_k} \right) / A} \quad (3)$$

После введения обозначений для удельных величин потока:

$$U_i = \frac{\Delta Q_i}{(t_e - t_n) A_i}, \quad \Psi_j = \frac{\Delta Q_j}{(t_e - t_n) L_j}, \quad \chi_k = \frac{\Delta Q_k}{(t_e - t_n) N_k} \quad (4)$$

Выражение (1) преобразуется к виду:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\sum U_i \frac{A_i}{A} + \sum \Psi_j \frac{L_j}{A} + \sum \chi_k \frac{N_k}{A}} \quad (5)$$

Где: U_i , A_i – удельные потоки теплоты через плоские элементы и площади проекций этих элементов, Вт/(м²°С) и м² соответственно;

Ψ_j , L_j – удельные потоки теплоты через линейные элементы и соответствующая длина проекций этих элементов во фрагменте, Вт/(м°С) и м соответственно;

χ_k , N_k – удельные потоки теплоты через точечные элементы, и количество этих элементов во фрагменте, Вт/°С и штук соответственно.

Формулу для расчета R_o^{np} можно представить в следующем виде:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\sum U_i a_i + \sum \Psi_j l_j + \sum \chi_k n_k} \quad (6)$$

здесь используются удельные геометрические показатели:

$$a_i = \frac{A_i}{A} \quad l_j = \frac{L_j}{A} \quad n_k = \frac{N_k}{A} \quad (7)$$

Коэффициент теплотехнической однородности фрагмента ограждающей конструкции, в соответствии с определением, вычисляется по формуле:

$$r = \frac{\sum U_i a_i}{\sum U_i a_i + \sum \Psi_j l_j + \sum \chi_k n_k} \quad (8)$$

Данный подход позволяет проанализировать вклад в теплозащиту фрагмента ограждающей конструкции каждого элемента. Накопление данных об удельных потоках теплоты через линейные и точечные элементы позволяет создавать достаточно простые инженерные методики расчета приведенного сопротивления теплопередаче современных ограждающих конструкций, содержащих различные теплотехнические неоднородности. Такой подход позволит также упростить контроль результатов расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции. Этот контроль, по сути, сведется к анализу используемых при расчете по формуле (6) значений U_i , Ψ_j , χ_k , если какое-то из этих значений получилось меньшим, чем в других аналогичных случаях, то оно требует проверки и объяснения.

4. Вывод и анализ выражения для удельной теплозащитной характеристики

Рассмотрим, с некоторыми упрощениями, суммарные потери теплоты через совокупность всех ограждающих конструкций, т.е. через всю оболочку здания, включая окна, двери и т.д. При этом, теплозащитная оболочка здания разбивается на совокупность фрагментов ограждающих конструкций, которые полностью ее составляют, и никакой фрагмент нельзя убрать из этой совокупности без того, чтобы не нарушить цельность теплозащитной оболочки. Площадь произвольного фрагмента обозначается A_f . Всего фрагментов в оболочке будет P . Тогда суммарные потери теплоты через теплозащитную оболочку здания, Q , кВт ч составят:

$$Q = \left(\sum_{f=1}^P \frac{A_f}{R_{o,f}^{np}} \right) \cdot ГСОП \cdot 24 / 1000 = 0,024 \cdot ГСОП \cdot \left(\sum_{f=1}^P \frac{A_f}{R_{o,f}^{np}} \right) \quad (9)$$

Где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С сут./год;

0,024 – размерный множитель, для перевода Вт сут. в кВт ч;

$R_{o,f}^{np}$ - приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента f теплозащитной оболочки, рассчитанное для площади этого фрагмента A_f , $\text{м}^2\text{°C/Вт}$.

Тогда, подстановка формулы (5) в (9) дает

$$Q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \left(\sum_{f=1}^P \frac{A_f}{R_{o,f}^{np}} \right) = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \left(\frac{\sum_{f=1}^P \frac{A_f}{1}}{\sum U_i \frac{A_i}{A_f} + \sum \Psi_j \frac{L_j}{A_f} + \sum \chi_k \frac{N_k}{A_f}} \right) \quad (10)$$

После преобразования получаем:

$$Q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \left(\sum_{f=1}^P (\sum U_i A_i + \sum \Psi_j L_j + \sum \chi_k N_k) \right) \quad (11)$$

В (11) во внутренней сумме суммирование производится во фрагменте, а внешняя сумма – суммирование характеристик фрагментов для всей оболочки. Если в качестве фрагментов ограждающих конструкций принимаются наружные ограждающие конструкции помещений, то уравнение (11) принимает вид:

$$Q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \left(\sum_{f=1}^P H_f \right) \quad (12)$$

Где H_f - удельная теплопередача фрагмента, Вт/°C , определяемая по формуле [9]:

$$H = (\sum U_i A_i + \sum \Psi_j L_j + \sum \chi_k N_k) \quad (13)$$

Умножим и разделим правую часть (12) на величину отапливаемого объема здания:

$$Q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot \left(\sum_{f=1}^P H_f \right) = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V \cdot \left(\sum_{f=1}^P \frac{H_f}{V} \right) \quad (14)$$

Выражение в скобках в (14) представляет собой удельную теплозащитную характеристику здания $k_{об}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3\text{°C})$. Физический смысл этого параметра заключается в том, что он численно равен количеству тепловой энергии, теряемой одним м^3 отапливаемого объема здания в единицу времени (в секунду) посредством теплопередачи через оболочку здания при перепаде температуры воздуха в 1°C . Если умножить удельную теплозащитную характеристику на ГСОП и на размерный коэффициент 0,024, то получится количество тепловой энергии в $\text{кВт}\cdot\text{ч}$, которое теряется через оболочку здания одним м^3 отапливаемого объема за отопительный период, т.е. «удельный расход энергии на отопление здания» обусловленный теплопотерями через оболочку здания, отнесенный к одному м^3 . Если это количество умножить еще на высоту этажа, h , то получится «удельный расход тепловой энергии на отопление здания», обусловленный теплопотерями через оболочку здания и измеряемый в $\text{кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$.

Преобразуем с использованием (13) и (14) выражение для удельной теплозащитной характеристики:

$$k_{об} = \sum_{f=1}^P \frac{H_f}{V} = \sum_{f=1}^P \frac{(\sum U_i A_i + \sum \Psi_j L_j + \sum \chi_k N_k)_f}{V} =$$

$$\sum_{\text{по оболочке}} U_i \cdot \frac{A_i}{V} + \sum_{\text{по оболочке}} \Psi_j \cdot \frac{L_j}{V} + \sum_{\text{по оболочке}} \chi_k \cdot \frac{N_k}{V} \quad (15)$$

Суммирование производится по всем ограждающим конструкциям оболочки здания.

Уравнение (15) позволяет проанализировать вклад каждого теплозащитного элемента в теплозащиту здания.

Удельная теплозащитная характеристика используется для нормирования удельного расхода энергии через оболочку здания, поскольку она не зависит от климатических параметров региона эксплуатации здания. Именно удельная теплозащитная характеристика является главным параметром, характеризующим тепловую защиту здания.

5. Методика расчета удельных потоков теплоты обусловленных теплозащитными элементами фрагмента ограждающей конструкции

Для использования в расчетах уравнения (6) или (17)-(20) необходимо знание удельных потоков теплоты через теплозащитные элементы фрагментов ограждающих конструкций. Эти удельные потоки определяются по методикам представленным в [7].

Плоский элемент является по сути условной, многослойной ограждающей конструкцией. Удельный поток теплоты, обусловленный этим элементом, представляет собой коэффициент теплопередачи этой конструкции и определяется по хорошо известной формуле [7]:

$$U = \frac{I}{R_o^{усл}} = \frac{I}{\frac{I}{\alpha_в} + \sum R_i + \frac{I}{\alpha_н}} \quad (9)$$

где: $\alpha_в$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности конструкции, Вт/(м²°C);

$\alpha_н$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности конструкции, Вт/(м²°C);

R_i – термическое сопротивление однородного слоя условной конструкции (заполнения), (м²·°C)/Вт, определяемое для материальных слоев - по формуле: $R_i = \delta_i / \lambda_i$;

здесь i – номер слоя;

δ_i – толщина слоя, м;

λ_i – теплопроводность материала слоя, Вт/(м °C).

Линейный элемент находится либо на границе фрагмента ограждающей конструкции, либо разделяет два соседних плоских элемента (которые могут быть конструктивно одинаковыми). Способ определения потерь теплоты обусловленных линейным элементом заключается в определении и последующем сравнении потоков теплоты с одной стороны через участок фрагмента, состоящий из двух соседних плоских элементов и линейного элемента и, с другой стороны, через условный участок фрагмента, состоящий из этих же двух соседних плоских элементов, той же площади, но «не состыкованных» между собой и при отсутствии линейного элемента. Первый поток вычисляется на основе двумерного температурного поля, а второй поток – по формулам для одномерного теплопереноса. Процедура расчета значений Ψ для узлов сопряжения конструкций подробно описана в [6, 7, 9].

Точечный элемент в большинстве случаев находится в плоском элементе фрагмента ограждающей конструкции. Способ определения потерь теплоты через точечный элемент заключается в определении и последующем сравнении потоков теплоты с одной стороны че-

рез участок фрагмента состоящий из плоского элемента и точечного элемента и, с другой стороны, через условный участок фрагмента состоящий только из этого плоского элемента, той же площади. Первый поток вычисляется на основе трехмерного температурного поля, а второй поток – по формуле для одномерного теплопереноса. Процедура расчета значений χ для различных точечных теплопроводных включений подробно описана в [6, 7].

Таким образом, для расчета удельных теплотерь обусловленных плоским элементом требуется расчет на основе одномерного температурного поля, линейным элементом - на основе двухмерного температурного поля, точечным элементом - на основе трехмерного температурного поля. Сумма размерности проекции элемента и размерности температурного поля, требуемого для вычисления удельного потока теплоты, обусловленного этим элементом, равна трем.

6. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций на практике рассчитывается по формуле (6). Для выбранного фрагмента ограждающей конструкции, площадью A , определяются теплозащитные элементы, из которого этот фрагмент состоит. Определяется площади для плоских теплозащитных элементов, общая длина для линейных теплозащитных элементов и общее количество для точечных теплозащитных элементов. Геометрические показатели a_i , l_j , n_k определяются по формулам (7).

Удельные потоки теплоты через теплозащитные элементы определяются в соответствии с указаниями предыдущего раздела. Вычисление значений U по формуле (8) не предполагает каких-либо сложностей. Значения Ψ и χ можно определить по методике, изложенной в Приложении Е [7], которая предполагает расчеты двухмерных и трехмерных температурных полей. Эта методика является общей, по ней можно рассчитать параметры для любых теплозащитных элементов.

Однако для практических расчетов приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций целесообразно применять уже известные из предыдущих расчетов значения Ψ и χ для часто встречающихся теплозащитных элементов. Такие значения объединяются в специальные документы – пособия для проектировщиков. Так, в ФРГ эти значения содержатся в Приложении 2 к нормам по тепловой защите зданий [10]. В России подготовлен к изданию Проект СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Таблицы теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций», содержащий большие массивы Ψ и χ для различных узлов ограждающих конструкций зданий.

В Проекте СП приведены значения удельных потоков теплоты для распространенных теплопроводных включений (теплозащитных элементов) ограждающих конструкций. Материал упорядочен по типу теплозащитных элементов. В рамках каждого подраздела приводятся характеристики одного и того же теплозащитного элемента для различного выбора стен, с вариацией основных влияющих на тепловые потери параметров.

В СП представлены следующие группы теплозащитных элементов:

1. Швы кладки из блоков особо легкого и ячеистого бетона.
2. Тарельчатый анкер в СФТК и системах наружной теплоизоляции с вентилируемой воздушной прослойкой.
3. Сопряжения плит перекрытия со стенами (однослойными, двухслойными и трехслойными).
4. Углы стен (выпуклые и вогнутые).
5. Примыкания оконных блоков к стене.
6. Примыкание стен к фундаменту.

7. Сопряжения стен с совмещенным кровельным покрытием.
8. Узлы кровли.

Приведенные в проекте СП данные предназначены для помощи проектировщикам при расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, при расчетах нагрузки на системы отопления здания, при расчете удельной теплозащитной характеристики здания и в других случаях.

7. Заключение

Таким образом, сформулировано определение (дефиниция) понятия приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции. Рассмотрен элементный подход для расчета значения этой величины. Выведены расчетные формулы, введены новые характеристики для различных теплозащитных элементов ограждающих конструкций и кратко дано описание их определения согласно проекту СП «Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Таблицы теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций». Данный метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче внедрен в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Рассмотрено применение элементного подхода для выражения основной теплозащитной характеристики здания – удельной теплозащитной характеристики.

Предстоит развитие и внедрение разработанного метода для расчета нагрузки на системы отопления, первой работой в этом направлении следует считать [9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП II-3-79. Строительная теплотехника. М. 1978.
2. Методические указания по расчету теплозащитных показателей ограждающих конструкций (наружных стен, окон, крыш). Пособие для проектировщиков. М. МНИИТЭП. 1990.
3. Бутовский И.Н. Расчет термически неоднородных участков стеновых панелей //Жилищное строительство. 2001. №10 С. 4-8.
4. Хлевчук В.Р., Черников С.Г. Повышение теплозащитных качеств панелей из легкого бетона. // В сб. трудов НИИСФ «Исследования по строительной теплофизике. М. НИИСФ. 1984. С. 10-15.
5. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». М., 2004.
6. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. // Строительные материалы. 2010. №12. С. 4 – 12.
7. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
8. ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций».
9. Гагарин В.Г., Неклюдов А.Ю. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания. // Жилищное строительство. 2014. №6. С.3-7.
10. EN ISO 10211. Thermal Bridges in Building Construction: Heat Flows and Surface Temperatures. Detailed Calculations. 2007.
11. DIN 4108 Beiblatt 2. Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Wärmebrücken. Planungs- und Ausführungsbeispiele. März 2006.

Об авторах:

ГАГАРИН Владимир Геннадьевич, доктор технических наук, профессор, НИИСФ РААСН
e-mail: gagarinv@gmail.com

Козлов Владимир Владимирович, к.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории «Строительной теплофизики» НИИСФ РААСН, kozlov.v2@gmail.com

НЕКЛЮДОВ Александр Юрьевич, инженер, аспирант, МГСУ
e-mail: a.yu.neklyudov@gmail.com