

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

УДК 697.133

DOI: 10.14529/build220105

ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ОГРАЖДЕНИЯ В ЗОНЕ СОВМЕЩЕННОЙ МЕЖДУЭТАЖНО-БАЛКОННОЙ ПЛИТЫ

С.В. Панферов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Теплофизические характеристики конструктивных элементов зданий и сооружений должны удовлетворять предъявляемым требованиям. Поэтому разработка инженерных методов оценки теплозащитных свойств таких строительных элементов является актуальной задачей. **Цель исследования.** Рассмотреть задачу разработки инженерного метода оценки теплофизических свойств в зоне прокладки совмещенной междуэтажно-балконной плиты через наружную стену здания. **Материалы и методы.** Проанализированы известные в литературе данные, относящиеся к этой проблеме. Указано, что поставленная задача является весьма сложной, детальное ее решение требует разработки для каждого исследуемого элемента достаточно сложной численной модели температурного поля и выполнения большого объема вычислительной работы. В связи с этим крайне интересен для специалистов приближенный инженерный метод, основанный на современных достижениях теории теплопередачи. Проанализировав процесс переноса теплоты в зоне прокладки совмещенной междуэтажно-балконной плиты, удалось получить достаточно простые аналитические соотношения для решения поставленной задачи. При этом совмещенную междуэтажно-балконную плиту представляли как двусторонний стержень конечной длины, закрепленный в наружной стене здания. Далее такая совмещенная плита мысленно обрывается заподлицо с наружной стеной, а реально потерянная или реально поглощенная теплота в расчетной схеме на основе принципа эквивалентности учитывается численными значениями эквивалентных коэффициентов теплоотдачи для наружной и внутренней поверхностей оставшейся части. Такая расчетная схема будет полностью совпадать с широко известной в литературе схемой первого теплопроводного включения, температура на внутренней поверхности которого определяется по известной формуле. Это позволяет оценить возможность выпадения конденсата в исследуемой зоне при указанной температуре наружного воздуха. **Результаты.** С помощью анализа полученных соотношений установлено, что при конструировании балконной части плиты следует иметь в виду, что при увеличении ее поперечных размеров возможность выпадения конденсата снижается, а при увеличении ее длины, наоборот, эта возможность повышается. **Заключение.** Разработанный метод позволяет иметь достаточно отчетливые представления о влиянии размеров наружной части совмещенной междуэтажно-балконной плиты на возможность выпадения конденсата в ее толще в зоне внутренней поверхности наружной стены здания в соответствующих климатических условиях.

Ключевые слова: *совмещенная междуэтажно-балконная плита, теплофизические свойства, конденсат, принцип эквивалентности.*

Введение

В настоящее время, как это отмечено, например, в работах проф. В.Г. Гагарина [1, 2], «...при проектировании новых ограждающих конструкций...их теплозащита проверяется расчетом не полностью или вообще не проверяется». Очевидно, что такую ситуацию нельзя считать допустимой, понятно, что нужна и расчетная, и экспериментальная проверки приемлемости теплофизических свойств таких новых конструктивных решений. При этом следует иметь в виду, что расчетная

проверка может быть выполнена как численными, так и аналитическими методами. Понятно, что наиболее точные ответы из-за сложности конструкций можно получить только с помощью детального численного моделирования [3–8]. Однако численные процедуры нельзя признать наиболее подходящими для подбора конструкций с заданными свойствами, так как получаемые здесь решения – это набор чисел, в них в явном виде нет никаких исходных данных и по ним невозможно судить о том, как тот или иной исходный параметр

влияет на ту или иную характеристику элемента конструкции. Если что-то изменить в исходных данных, то нужно повторить весь расчет с самого начала. Этого недостатка, как правило, нет у аналитических методов [9, 10]. Аналитическое решение может дать «... более обозримый результат, чем решение ..., полученное с помощью ЭВМ» [11, с. 209]. Однако и здесь следует иметь в виду то, что точные аналитические решения обычно представляются достаточно сложными функциональными рядами, причем в окрестностях граничных точек и при малых значениях времени эти ряды, как правило, медленно сходятся (т. е. нужно учитывать в решении достаточно большое количество членов ряда) [9]. Такие решения малоприменимы для инженерных приложений, особенно в случаях, когда решение температурной задачи является промежуточным этапом решения задачи конструирования ограждений. В связи с этим большой интерес представляют методы, позволяющие получать решения, хотя и приближенные, но в аналитической форме, с точностью, во многих случаях достаточной для инженерных приложений [12–14]. В данной работе предлагается такой приближенный аналитический метод для одной задачи оценки температуры ограждений.

Постановка задачи

В современных строительных конструкциях иногда совмещают междуэтажную и балконную (лоджиевую) плиты, т. е. выполняют их как единое целое по так называемой технологии «монолит». Вместе с тем приемлемость теплофизических свойств здания в зоне прокладки такой плиты через наружную стену достаточно сомнительна, возможно, что в этой зоне температура может оказаться настолько низкой, что на внутренней поверхности ограждения будет образовываться конденсат. Как указано в работе [15, с. 109], «...сквозные теплопроводные включения, снижая температуру внутренней поверхности стены как по включению, так и по глади стены, значительно увеличивают общие теплотери через стену». В связи с этим необходима разработка инженерного алгоритма оценки температурного поля в этой области. В данной работе предлагается одно из возможных решений этой задачи.

Предлагаемое решение задачи

Совмещенную междуэтажно-балконную плиту можно представить как двусторонний стержень конечной длины, закрепленный в наружной стене здания (стержень, пронизывающий наружную стену насквозь и имеющий части, расположенные в наружной и внутренней средах). Известно [16], что в этом случае тепловой поток Q через основание плиты будет равен

$$Q = \vartheta \sqrt{\lambda F \alpha \Pi} \times \text{th}(L \times \sqrt{\frac{\alpha \Pi}{\lambda F}}), \quad (1)$$

где ϑ , λ , F , α , Π , L – соответственно избыточная температура основания [15], коэффициент теплопроводности материала плиты, площадь поперечного сечения плиты, коэффициент теплоотдачи для поверхности плиты, ее периметр и длина. Теплоотдачей с торца плиты, как это обычно и делается, пренебрегаем [16].

Как видно из формулы (1), тепловой поток Q однозначно растет с увеличением длины и периметра плиты, а также и с увеличением коэффициента теплоотдачи, что вполне согласуется с известными физическими представлениями. Заметим, что периметр и длина плиты определяют площадь поверхности теплообмена, с их ростом увеличивается и поверхность теплообмена и, как это хорошо известно, интенсивность переноса теплоты. Произведение λF также способствует росту Q , так как, как это нетрудно видеть в данном случае, $\frac{\partial Q}{\partial(\lambda F)} > 0$ для реальных значений параметров.

Используя принцип эквивалентности [17], величину Q можно представить следующим образом:

$$Q = \alpha_{\vartheta} \vartheta F, \quad (2)$$

где α_{ϑ} – эквивалентный коэффициент теплоотдачи. Здесь условно считается, что перенос теплоты между основанием плиты и окружающей средой осуществляется теплоотдачей.

Приравняв соотношения (1) и (2), получим формулу для вычисления эквивалентного коэффициента теплоотдачи

$$\alpha_{\vartheta} = \sqrt{\frac{\lambda \alpha \Pi}{F}} \times \text{th}(L \times \sqrt{\frac{\alpha \Pi}{\lambda F}}). \quad (3)$$

Таким образом, предлагается следующий алгоритм решения задачи: совмещенная междуэтажно-балконная плита мысленно обрезается заподлицо с наружной стеной, а реально потерянная или реально поглощенная теплота в расчетной схеме учитывается выбором численных значений эквивалентных коэффициентов теплоотдачи для наружной и внутренней поверхностей оставшейся части. Такая расчетная схема будет полностью совпадать со схемой 1-го теплопроводного включения, температура на внутренней поверхности которого определяется по известной формуле, приведенной в [18]. Понятно, что формула (3) применяется для расчета эквивалентных коэффициентов теплоотдачи как для внутренней, так и наружной поверхностей такого теплопроводного включения. Найдя эту температуру и сравнив ее с температурой точки росы для данной влажности внутреннего воздуха, можно сделать вывод о приемлемости теплозащитных свойств данной зоны, в частности,

о выпадении или о невыпадении конденсата, что является крайне важным [12–15, 18].

Пример расчета. Рассмотрим следующий пример. Пусть совмещенная междуэтажно-балконная плита толщиной 0,1 м выполнена из тяжелого железобетона с коэффициентом теплопроводности $\lambda=1,92$ Вт/(м·°С). В соответствии с рекомендациями СНиП [18] будем считать, что коэффициенты теплоотдачи для поверхностей плиты, расположенных внутри α_B и снаружи α_H здания, соответственно равны 8,7 и 23 Вт/(м²·°С). Кроме того, будем полагать, что термическое сопротивление теплопередаче наружной стены здания R_O удовлетворяет требованиям СНиП для условий г. Челябинска и равно 3,42 м²·°С/Вт, а ее толщина составляет 0,4 м. Пусть длина балконной части плиты равна 1,0 м, а ее внутренней части условно равна 3,0 м. Пусть, кроме того, ширина плиты тоже равна 3,0 м. Расчетная схема для данного примера приведена на рис. 1, на котором все размеры указаны в мм.

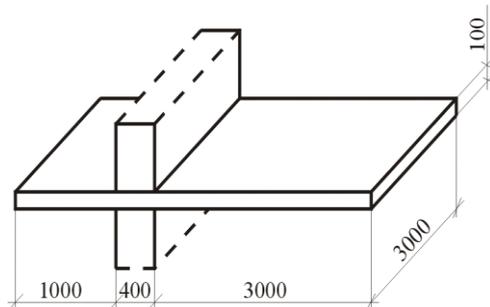


Рис. 1. Расчетная схема

Схема 1-го теплопроводного включения, к которому сводится расчет в данном случае, приведена на рис. 2.

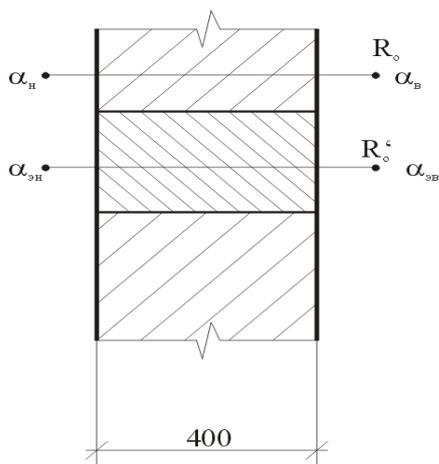


Рис. 2. Схема 1-го теплопроводного включения

Эквивалентные коэффициенты теплоотдачи для внутренней α_{3B} и наружной α_{3H} поверхностей, найденные по соотношению (3), в данном

случае будут равны соответственно 19,18 и 32,19 Вт/(м²·°С). Для расчета температуры внутренней поверхности теплопроводного включения будем использовать следующую формулу [18]:

$$t_{вп} = t_B - \frac{n(t_B - t_H)}{R_O^{УСЛ} \alpha_{3B}} \left[1 + \eta \left(\frac{R_O^{УСЛ}}{R_O} - 1 \right) \right]. \quad (4)$$

Здесь $t_{вп}$, t_B , t_H – соответственно температура внутренней поверхности теплопроводного включения, внутреннего и наружного воздуха; R_O , $R_O^{УСЛ}$ – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции соответственно в месте теплопроводного включения и вне его; n и η – некоторые коэффициенты, принимаемые по [15, 18]. Заметим, что данная формула с точностью до коэффициента n совпадает с формулой (10.29) работы [15, с. 100]. Выполнив расчет, в данном случае получим, что температура внутренней поверхности теплопроводного включения при наружной температуре -34 °С будет составлять 4,87 °С. При этом температура внутреннего воздуха считалась равной $+20$ °С. Вместе с тем температура точки росы в этом случае для относительной влажности 55 % равна 10,48 °С, следовательно, в данном случае неизбежно появление конденсата. Если же наружная температура будет равна -13 °С, то температура внутренней поверхности теплопроводного включения будет равна 10,75 °С и конденсата в данном случае не будет, однако при дальнейшем понижении температуры наружного воздуха будет появляться конденсат.

Анализ полученных соотношений

Отметим, что непосредственно из формулы (4) следует, что с уменьшением сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции в месте теплопроводного включения квадратная скобка растет, а поэтому температура внутренней поверхности теплопроводного включения при прочих равных условиях будет закономерно уменьшаться. Далее из формулы (3) отчетливо видно, что α_3 растет с увеличением параметра Π/F , т. е. $\frac{\partial \alpha_3}{\partial (\Pi/F)} > 0$. Вместе с тем известно, что для пря-

моугольной плиты $\Pi/F = \frac{2a + 2b}{ab} = \frac{2}{a} + \frac{2}{b}$, где a и b – толщина и ширина балконной плиты. Поэтому с увеличением обоих размеров плиты (a и b) параметр Π/F уменьшается, в связи с этим будет уменьшаться и α_3 , а сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции в месте теплопроводного включения, вычисляемое, как это известно, по формуле

$$R_O' = \frac{1}{\alpha_{3B}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{3H}}, \quad (5)$$

будет расти, из-за этого будет расти и температура внутренней поверхности теплопроводного включения (здесь δ – толщина наружной стены здания). Данное обстоятельство обязательно нужно иметь в виду при проектировании строительных конструкций.

Таким образом, увеличение поперечных размеров плиты повышает сопротивление теплопередаче его эквивалентного теплопроводного включения, а с ростом длины, наоборот, это сопротивление падает. Поэтому при проектировании балконной части плиты следует иметь в виду, что при увеличении ее поперечных размеров возможность выпадения конденсата снижается, а при увеличении ее длины, наоборот, эта возможность повышается. При этом следует иметь в виду, что $\frac{1}{\alpha_{ЭВ}}$ и

$\frac{1}{\alpha_{ЭН}}$ – это соответственно сопротивления теплоотдаче для внутренней и наружной поверхностей эквивалентного теплопроводного включения; чем меньше эти сопротивления, тем ближе температуры внутренней и наружной поверхностей включения к температурам соответственно внутреннего и наружного воздуха.

Если выражение (5) подставить в формулу (4), то получим следующее соотношение:

$$t_{ВП} = t_B - \frac{n(t_B - t_H)}{R_O^{УСЛ} \alpha_{ЭВ}} \times \left[1 + \eta \left(\frac{R_O^{УСЛ}}{1/\alpha_{ЭВ} + \delta/\lambda + 1/\alpha_{ЭН}} - 1 \right) \right]. \quad (6)$$

Из этой формулы однозначно следует, что с увеличением $\alpha_{ЭН}$ температура внутренней поверхности теплопроводного включения $t_{ВП}$ при прочих равных условиях уменьшается, следовательно, опасность выпадения конденсата повышается. Однако с $\alpha_{ЭВ}$ согласно данной формуле не все так однозначно.

Если считать, что вся наружная стена такая, как и теплопроводное включение, то применимо одномерное представление процесса теплопереноса и согласно физике будет

$$t_{ВП} = t_B - \frac{(t_B - t_H)}{1 + (\delta/\lambda + 1/\alpha_{ЭН})\alpha_{ЭВ}}. \quad (7)$$

Отсюда также однозначно следует, что с увеличением $\alpha_{ЭВ}$ $t_{ВП}$ растет при прочих равных условиях, а не уменьшается, как это было в случае с $\alpha_{ЭН}$.

Заметим, что в работе [15, с. 100] отмечено, что для относительно широкого сквозного включения «...температуру внутренней поверхности теплопроводного включения можно рассчитывать, исходя из одномерной задачи...», т. е. именно по формуле (7).

Из соотношения (6) следует, что частная производная будет равна

$$\frac{\partial t_{ВП}}{\partial \alpha_{ЭВ}} = \frac{n(t_B - t_H)}{R_O^{УСЛ} (\alpha_{ЭВ})^2} \left[1 - \eta + \eta \frac{R_O^{УСЛ}}{R_O} \left(1 - \frac{1}{R_O} \right) \right]. \quad (8)$$

Так, для указанных в примере условий $\left[1 - \eta + \eta \frac{R_O^{УСЛ}}{R_O} \left(1 - \frac{1}{R_O} \right) \right] = -19,21 < 0$, следовательно, $\frac{\partial t_{ВП}}{\partial \alpha_{ЭВ}} < 0$ и повышение $\alpha_{ЭВ}$ способствует

и увеличению опасности выпадения конденсата, что вообще-то противоречит выводу, вытекающему из формулы (7). Однако в данном случае будем иметь в виду, что формула (4) полуэмпирическая, т. е. ее нельзя считать точным описанием физики процесса переноса теплоты. При этом, конечно, необходимо иметь в виду, что размеры внутренней части междуэтажно-балконной плиты определяются конструкцией здания и для данной задачи играют второстепенную роль. В данном случае, в первую очередь, речь идет о том, как сконструировать ее наружную часть, чтобы не было выпадения конденсата в толще плиты у внутренней поверхности наружной стены здания. Поэтому представляет интерес все, что связано с $\alpha_{ЭВ}$.

Выводы

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что применение совмещенных междуэтажно-балконных плит в климатических условиях Челябинской области без дополнительных мероприятий по тепловой изоляции вряд ли допустимо.

Литература

1. Гагарин, В.Г. Анализ теплофизических свойств современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий. / В.Г. Гагарин // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: Материалы третьей Международной научно-технической конференции. – М.: МГСУ. – 2009. – С. 74–79.
2. Гагарин, В.Г. Теплофизические свойства стеновых ограждающих конструкций / В.Г. Гагарин // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2012. – № 1(121). – С. 100–107.
3. Протасевич, А.М. Расчет температурного поля многослойных ограждающих конструкций с теплопроводными включениями методом конечных элементов / А.М. Протасевич, В.В. Лешкевич // Энергоэффективность. – 2013. – № 10. – С. 16–20.
4. Лешкевич, В.В. Расчет температурного поля и приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий с помощью метода конечных элементов / В.В. Лешкевич // Системный анализ и прикладная информатика. – 2015. – № 3. – С. 26–30.

5. Горшков, А.С. О теплотехнической однородности двухслойной стеновой конструкции / А.С. Горшков, П.П. Рымкевич, Н.И. Ватин // Энергосбережение. – 2014. – № 7. – С. 58–63.
6. Шенс, Р.А. Теплозащитные свойства ограждений с учетом прогнозируемых условий эксплуатации / Р.А. Шенс, Т.В. Щукина // Жилищное строительство. – 2015. – № 7. – С. 29–30.
7. Корниенко, С.В. Многофакторная оценка теплового режима в элементах оболочки здания. / С.В. Корниенко // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – №8. – С. 25–64.
8. Табуничиков, Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / Ю.А. Табуничиков, Д.Ю. Хромец, Ю.А. Матросов. – М.: Стройиздат, 1986. – 381 с.
9. Карташов, Э.М. Теория тепломассопереноса: решение задач для многослойных конструкций: учеб. пособие / Э.М. Карташов, В.А. Кудинов, В.В. Калашиников. – М.: Изд-во Юрайт, 2018. – 435 с.
10. Ройзен, Л.И. Тепловой расчет оребренных поверхностей / Л.И. Ройзен, И.Н. Дулькин. – М.: Энергия, 1977. – 256 с.
11. Теория автоматического управления / Л.С. Гольдфарб, А.В. Балтрушевич, А.В. Нетушил и др.; под ред. А.В. Нетушила. – М.: Высшая школа, 1976. – 400 с.
12. Садыков, Р.А. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждений зданий: учебно-методическое пособие / Р.А. Садыков, В.Н. Курпьянов, Д.В. Крайнов, И.Ш. Сафин, А.И. Иванцов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2018. – 55 с.
13. Строительная теплофизика: учеб. пособие / В.И. Бодров, М.В. Бодров, В.Ф. Бодрова, В.Ю. Кузин. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. – 156 с.
14. Панферов, В.И. Теплофизические расчеты ограждающих конструкций зданий и сооружений: учеб. пособие / В.И. Панферов, Н.Т. Магнитова, Е.К. Дорошенко. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 68 с.
15. Шкловер, А.М. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий / А.М. Шкловер, Б.Ф. Васильев, Ф.В. Ушков. – М.: Госстройиздат, 1956. – 350 с.
16. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
17. Пехович, А.И. Расчеты теплового режима твердых тел / А.И. Пехович, В.М. Жидких. – Л.: Энергия, 1976. – 352 с.
18. СНиП II-3-79* Строительная теплотехника / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1995. – 29 с.

Панферов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры градостроительства, инженерных сетей и систем, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), panferovsv@susu.ru

Поступила в редакцию 16 сентября 2021 г.

DOI: 10.14529/build220105

ENGINEERING METHOD FOR ESTIMATING THE TEMPERATURE FIELD OF THE EXTERNAL WALL IN THE AREA OF THE COMBINED INTERFACE-BALCONY PLATE

S.V. Panferov, panferovsv@susu.ru
South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Thermophysical characteristics of structural elements of buildings and structures must meet the requirements. Therefore, the development of engineering methods for assessing the heat-shielding properties of such building elements is an urgent task. **Purpose of the study.** Consider the problem of developing an engineering method for assessing thermophysical properties in the area of laying a combined interfloor-balcony slab through the outer wall of a building. **Materials and methods.** The data known in the literature related to this problem have been analyzed. It is indicated that the problem posed is very complex, its detailed solution requires the development of a rather complex numerical model of the temperature field for each investigated element and the performance of a large amount of computational work. In this regard, an approximate engineering method based on modern achievements in the theory of heat transfer is extremely interesting

for specialists. Considering the process of heat transfer in the area of laying the combined interfloor-balcony slab, it has been possible to obtain fairly simple analytical relationships to solve the problem. In this case, the combined interfloor-balcony slab has been represented as a two-sided rod of finite length, fixed in the outer wall of the building. Further, such a combined slab is mentally cut flush with the outer wall, and the actually lost or actually absorbed heat in the design scheme based on the equivalence principle is taken into account by the numerical values of the equivalent heat transfer coefficients for the outer and inner surfaces of the remaining part. Such a calculation scheme will completely coincide with the scheme of the first heat-conducting connection, widely known in the literature, the temperature on the inner surface of which is determined by the known formula. This allows one to assess the possibility of condensation in the investigated area at the specified outdoor temperature. **Results.** By analyzing the obtained relationships, it has been found that when designing the balcony part of the slab, it should be borne in mind that with an increase in its transverse dimensions, the possibility of condensate falling out decreases, and with an increase in its length, on the contrary, this possibility increases. **Conclusion.** The developed method makes it possible to have a fairly clear idea of the influence of the dimensions of the outer part of the combined interfloor-balcony slab on the possibility of condensation in its thickness in the zone of the inner surface of the outer wall of the building in the corresponding climatic conditions.

Keywords: combined interfloor-balcony slab, thermophysical properties, condensate, the principle of equivalence.

References

1. Gagarin V.G. [Analysis of Thermophysical Properties of Modern Wall Enclosing Structures of Multi-Storey Buildings]. *Teoreticheskiye osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyatsii: Materialy tret'yey Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Theoretical Foundations of heat and ventilation: a collection of III International Scientific and Technical. Conf.]. Moscow, MGSU Publ., 2009, pp. 74–79. (in Russ.)
2. Gagarin V.G. [Thermophysical Properties of Wall Enclosing Structures]. *Santekhnika, otopleniye, konditsionirovaniye* [Plumbing, Heating, Air Conditioning], 2012, no. 1(121), pp. 100–107. (in Russ.)
3. Protasevich A.M., Leshkevich V.V. [Calculation of the Temperature Field of Multilayer Enclosing Structures with Heat-Conducting Inclusions by the Finite Element Method]. *Energoeffektivnost'* [Energy Efficiency], 2013, no. 10, pp. 16–20. (in Russ.)
4. Leshkevich V.V. [Calculation of the Temperature Field and Reduced Resistance to Heat Transfer of Building Envelopes Using the Finite Element Method]. *Sistemnyy analiz i prikladnaya informatika* [Systems Analysis and Applied Informatics], 2015, no. 3, pp. 26–30. (in Russ.)
5. Gorshkov A.S., Rymkevich P.P., Vatin N.I. [About Thermotechnical Homogeneity of a Two-Layer Wall Structure]. *Energoberezheniye* [Energy Saving], 2014, no. 7, pp. 58–63. (in Russ.)
6. Sheps R.A., Shchukina T.V. [Heat-Shielding Properties of Fences, Taking into Account the Predicted Operating Conditions]. *Zhilishchnoye stroitel'stvo* [Housing Construction], 2015, no. 7, pp. 29–30. (in Russ.)
7. Korniyenko S.V. [Multifactorial Assessment of the Thermal Regime in the Elements of the Building Envelope]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal* [Engineering and Construction Magazine], 2014, no. 8, pp. 25–64. (in Russ.)
8. Tabunshchikov Yu.A., Khromets D.Yu., Matrosov Yu.A. *Teplovaya zashchita ograzhdayushchikh konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy* [Thermal Protection of Building Envelopes and Structures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986. 381 p.
9. Kartashov E.M., Kudinov V.A., Kalashnikov V.V. *Teoriya teplomassoperenosa: resheniya zadach dlya mnogosloynnykh konstruktivnykh zdaniy: ucheb. posobiye* [Theory of Heat and Mass Transfer: Solving Problems for Multilayer Structures: a Tutorial]. Moscow, Izdatel'stvo Yurayt Publ., 2018. 435 p.
10. Royzen L.I., Dul'kin I.N. *Teplovoy raschet orebrennykh poverkhnostey* [Thermal Design of Ribbed Surfaces]. Moscow, Energiya Publ., 1977. 256 p.
11. Gol'dfarb L.S., Baltrushevich A.V., Netushila A.V. (Ed.) *Teoriya avtomaticheskogo upravleniya* [Automatic Control Theory]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1976. 400 p.
12. Sadykov R.A., Kupriyanov V.N., Kraynov D.V., Safin I.Sh., Ivantsov A.I. *Raschet privedennogo soprotivleniya teploperedache naruzhnykh ograzhdeniy zdaniy: uchebno-metodicheskoye posobiye* [Calculation of the Reduced Resistance to Heat Transfer of External Enclosures of Buildings: Teaching Aid]. Kazan', Izd-vo Kazansk. gos. arkhitekt.-stroit. un-ta Publ., 2018. 55 p.
13. Bodrov V.I., Bodrov M.V., Bodrova V.F., Kuzin V.Yu. *Stroitel'naya teplofizika: ucheb. posobiye* [Building Thermal Physics: a Study Guide]. N. Novgorod, NNGASU Publ., 2015. 156 p.
14. Panferov V.I., Magnitova N.T., Doroshenko E.K. *Teplofizicheskiye raschety ograzhdayushchikh konstruktivnykh zdaniy i sooruzheniy: ucheb. posobiye* [Thermophysical Calculations of the Enclosing Structures of Buildings and Structures: a Tutorial]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2014. 68 p.

15. Shklover A.M., Vasil'yev B.F., Ushkov F.V. *Osnovy stroitel'noy teplotekhniki zhilykh i obshchestvennykh zdaniy* [Basics of Heat Engineering Construction of Residential and Public Buildings]. Moscow, Gosstroyizdat Publ., 1956. 350 p.

16. Isachenko V.P., Osipova V.A., Sukomel A.S. *Teploperedacha* [Heat Transfer]. Moscow, Energoizdat Publ., 1981. 416 p.

17. Pekhovich A.I., Zhidkikh V.M. *Raschety teplovogo rezhima tverdykh tel* [Calculations of the Thermal Regime of Solids]. Leningrad, Energiya Publ., 1976. 352 p.

18. *SNiP II-3-79** *Stroitel'naya teplotekhnika./ Minstroy Rossii* [Building Codes II-3-79* Building Heat Engineering. Ministry of Construction of Russia]. Moscow, GP TsPP Publ., 1995. 29 p.

Received 16 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Панферов, С.В. Инженерный метод оценки температурного поля ограждения в зоне совмещенной междуэтажно-балконной плиты / С.В. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 45–51. DOI: 10.14529/build220105

FOR CITATION

Panferov S.V. Engineering Method for Estimating the Temperature Field of the External Wall in the Area of the Combined Interface-Balcony Plate. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2022, vol. 22, no. 1, pp. 45–51. (in Russ.). DOI: 10.14529/build220105
