

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ  
НАРУЖНЫХ СТЕН ВЫСОТНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ**

**CAD ANALYSIS  
OF THERMAL NONHOMOGENEITIES  
OF EXTERIOR WALLS OF HIGH-RISE FRAMED BUILDINGS**

*А.И. БЕДОВ, А.М. ГАЙСИН, А.И. ГАБИТОВ*  
*A.I. BEDOV, A.M. GAISIN, A.I. GABITOV*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет)  
(National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Ufa State Petroleum Technological University)  
E-mail: gbk@mgsu.ru; azat7@ufanet.ru

*Выполнено моделирование теплотехнических неоднородностей наружных стен-заполнений 25-этажного жилого каркасного дома в программном комплексе ANSYS, получены значения удельных потерь теплоты через рассматриваемые узлы. Приведена оценка сходимости результатов расчета основных теплоэнергетических характеристик каркасного здания с использованием ПК ANSYS и упрощенным табличным методом в соответствии с СП 230.1325800.2015.*

*В качестве теплопроводных включений в наружной стене здания выделены следующие элементы: оконные откосы, образованные перемычкой и кладкой из газобетонных блоков с трех сторон, стык плиты перекрытия (с перфорацией) со стеной. Следует отметить, что для данного объекта сопряжение стены-заполнения с железобетонным пилоном не является мостиком холода, так как пилон достаточно качественно утеплен. Изучены вопросы совершенствования конструктивных решений некоторых узлов наружных стен-заполнений каркасных зданий.*

*Simulation of thermal nonhomogeneities of exterior filler walls in 25-storeyed residential building is made by ANSYS software, specific heat loss values through the sections under review are found. Comparative analysis of calculation results of principal heat and power characteristics is made both by ANSYS software and by simplified tabular method as per SP 230.1325800.2015. Engineering solutions of some sections of exterior filler walls of framed buildings are improved.*

*The following elements are distinguished as heat-conducting inclusions in the outer wall of the building: window slopes formed by bridges and masonry from aerated concrete blocks on three sides, the junction of the floor slab (with perforation) with the wall. It should be noted that for this object the pairing of the wall-filling with the reinforced concrete pylon is not a cold bridge, since the pylon is sufficiently heat insulated. The issues of improving the design solutions of some of the nodes of the exterior walls of frame buildings have been studied.*

**Ключевые слова:** удельные потери теплоты, теплопроводное включение, приведенное сопротивление теплопередаче, теплотехническая неоднородность, каркасное здание, температурное поле, стена-заполнение.

**Keywords:** specific heat loss, heat transfer inclusion, reduced total thermal resistance, thermal nonhomogeneity, framed building, temperature field, filler wall.

Приоритетом для зданий текстильной промышленности с позиции энергосбережения на данный момент является проектирование и возведение оптимальных с точки зрения тепловой защиты ограждающих конструкций [1]. По оценкам специалистов за счет неоднородностей в современных ограждающих конструкциях доля теплопотерь из-за одномерного теплопереноса составляет порядка 30...40% от общего теплового потока через конструкцию. Осознание этого пришло во второй половине прошлого столетия, но только сейчас, в связи с развитием нормативно-правовой базы [2], [3], появилась реальная возможность реализации идеи повышения теплотехнической однородности ограждающих конструкций в проектных и технологических решениях. Новый СП [2] усовершенствовал методику определения приведенного сопротивления теплопередаче и, по сути, изменил само понимание этой величины. Так, теперь приведенное сопротивление теплопередаче следует воспринимать как комплексную величину, характеризующую весь выделенный фрагмент оболочки здания с учетом всех имеющихся неоднородностей.

Однако на сегодняшний день наблюдается такое многообразие конструктивных решений ограждающих конструкций со свойственными им неоднородностями [4...8], что упрощенные геометрические схемы теплопроводных включений, обозначенные в предыдущих нормативных документах по теплозащите, не способны обеспечить должного качества расчетов и проектирования [9]. Это обстоятельство вполне объясняет выявленное некоторыми авторами в результате проведенного анализа конструктивных решений наружных ограждений несоответствие жилых зданий, запроектированных по СНиП 23-02-2003 до актуализации, современным нормам по показателям приведенного сопротивления наружных стен и удельной теплозащитной характеристике [10], [11].

Это стало возможно с элементным подходом к расчету приведенного сопротивления теплопередаче по температурным полям, методика которого сформулирована в

новых нормативах [2], [3]. Фасад представляется в виде набора независимых плоских, линейных и точечных элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери через рассматриваемый фрагмент ограждающей конструкции. Такой подход при расчете приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции позволяет определить наиболее "слабые" с точки зрения теплозащиты узлы или части узлов конструкции и оптимизировать их, тем самым снизить дополнительные теплопотери через конструктивные узлы и ограждение в целом. Как показывают исследования ряда авторов, наиболее эффективный метод улучшения теплозащитных характеристик здания – повышение теплотехнической однородности наружных стен [12], [13].

Для расчета двумерных и трехмерных температурных полей при определении приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен в настоящее время используются различные программные комплексы [14...16]. В 2015 г. в помощь проектировщикам был введен в действие СП 230.1325800.2015. "Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей" [3], в котором приводятся справочные таблицы удельных потерь теплоты через некоторые типовые теплопроводные включения для наиболее распространенных конструктивных решений наружных стен. Исследования показали достаточно хорошую сходимость в результатах расчета приведенного сопротивления теплопередаче стены по температурным полям с использованием программных комплексов и по методике СП 230.1325800.2015 с использованием справочных таблиц [17].

Целью проведенных нами исследований являлся расчет теплотехнических характеристик многоэтажного жилого дома с монолитным железобетонным каркасом путем моделирования наружных стен в программном комплексе ANSYS.

В последнее время в Республике Башкортостан и, в частности ее столице, увеличиваются объемы строительства многоэтажных жилых домов высотой 17...25 этажей с монолитным железобетонным карка-

сом в сочетании с теплоэффективными стенами-заполнениями [4], [18]. Основной особенностью стен-заполнений является то, что к ним не предъявляются требования по несущей способности, так как основная нагрузка приходится на каркас здания.

На сегодняшний день можно выделить три основных варианта конструктивных решений наружных стен-заполнений каркасных зданий, использующихся в Башкортостане: стена из конструкционно-теплоизоляционных материалов (автоклавных газобетонных блоков) с облицовкой кирпичом или оштукатуриванием; трехслойная стена с эффективной теплоизоляцией и оштукатуриванием по сетке; трехслойная стена по системе "вентилируемый фасад". Стена-заполнение на основе автоклавных газобетонных блоков, пожалуй, это самый технологичный вариант наружной теплоэффективной стены из предложенных конструктивных решений (рис. 1 – наружные стены из автоклавного газобетона в зданиях с монолитным железобетонным каркасом). Толщина кладки из автоклавных газобетонных блоков плотностью  $400 \dots 500 \text{ кг/м}^3$  в 400 мм в климатических условиях средней полосы России вполне обеспечивает нормируемый уровень сопротивления теплопередаче по глади стены.

В наружных стенах каркасных зданий подобного типа можно выделить следующие теплопроводные элементы: плоские – различные варианты стены по глади; линей-

ные – оконные откосы, примыкания кровли, межэтажного перекрытия, балконной плиты, пола по грунту к наружной стене; точечные – дюбели, армирующие анкера и т.д.



Рис. 1

В качестве объекта исследований принят 25-этажный жилой дом каркасного типа в г. Уфе Республики Башкортостан с расчетной внутренней температурой воздуха  $21^\circ\text{C}$  (рис. 2 – объемно-планировочное решение 25-этажного жилого дома). Наружные стены решаются в виде кладки на клеевом растворе из газобетонных блоков плотностью  $500 \text{ кг/м}^3$ , толщиной 400 мм, с воздушной прослойкой толщиной 40 мм и облицовкой керамическим полнотелым кирпичом толщиной 120 мм. Отапливаемый объем здания составляет  $V_{от}=52768,6 \text{ м}^3$ , а общая площадь наружных ограждающих конструкций  $A_n^{сум}=10992,65 \text{ м}^2$ .

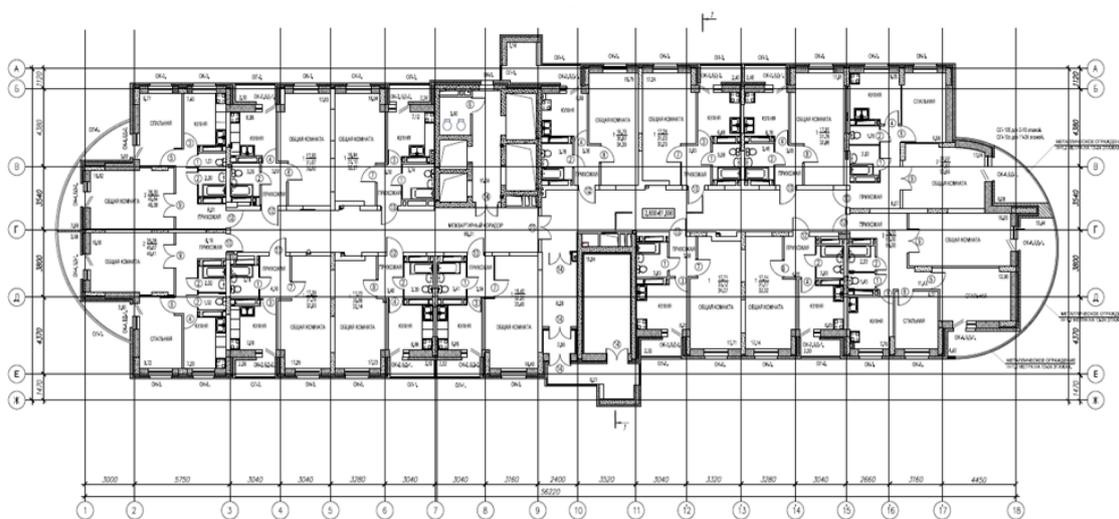


Рис. 2

Для анализа уровня приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и влияния на него теплопроводных включений в ПК ANSYS был построен фрагмент стены-заполнения из газобетонных блоков. Затем по температурным полям оценим, что является теплопроводным включением, а что не является тако-

вым. Модель фрагмента оболочки, распределение температур и тепловые потоки через узел изображены на рис. 3 (расчетная схема фрагмента наружной стены: а) – модель в аксонометрии; б) – температурное поле в трехмерной постановке; в) – распределение тепловых потоков).

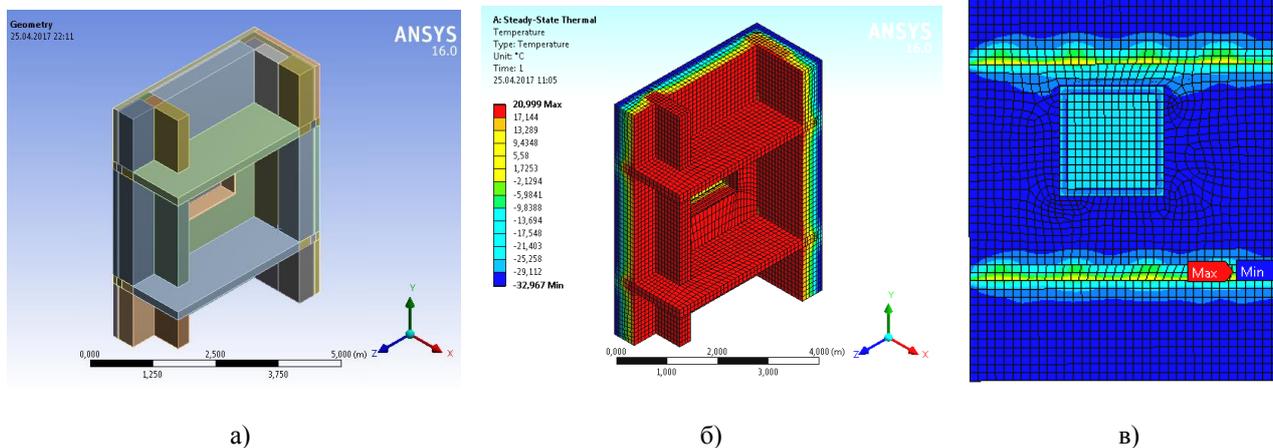


Рис. 3

Как видно из рисунков, в качестве теплопроводных включений в наружной стене здания можно выделить следующие элементы: оконные откосы, образованные перемычкой и кладкой из газобетонных блоков с трех сторон, стык плиты перекрытия (с перфорацией) со стеной. Следует отметить, что, как видно из рис. 3, для данного

объекта сопряжение стены-заполнения с железобетонным пилоном не является мостиком холода, так как пилон достаточно качественно утеплен. Результаты расчетов приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с использованием ПК ANSYS представлены в табл. 1.

Таблица 1

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом, Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1 Стена по глади	$a_1 = 0,301 \frac{M^2}{M^2}$	$U_1 = 0,296 \frac{Вт}{M^2 \cdot °C}$	0,0891	20,17
Плоский элемент 1а Стена по глади в пределах балкона	$a_{1a} = 0,4283 \frac{M^2}{M^2}$	$U_{1a} = 0,236 \frac{Вт}{M^2 \cdot °C}$	0,1011	22,88
Плоский элемент 2 Стена по пилону	$a_2 = 0,0874 \frac{M^2}{M^2}$	$U_2 = 0,260 \frac{Вт}{M^2 \cdot °C}$	0,0227	5,14
Плоский элемент 2а Стена по пилону в пределах балкона	$a_{2a} = 0,1833 \frac{M^2}{M^2}$	$U_{2a} = 0,208 \frac{Вт}{M^2 \cdot °C}$	0,0381	8,62
Линейный элемент 1 Примыкание оконного блока к стене	$l_1 = 0,5615 \frac{M}{M^2}$	$\Psi_1 = 0,064 \frac{Вт}{M^2 \cdot °C}$	0,0359	8,13

Линейный элемент 1а Примыкание оконного блока к перемычке	$\ell_{1a} = 0,1519 \frac{\text{М}}{\text{М}^2}$	$\Psi_{1a} = 0,222 \frac{\text{Вт}}{\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$	0,0337	7,63
Линейный элемент 2 Опираение стены на плиту перекрытия (балконную плиту) Перфорация 1/1	$\ell_2 = 0,285 \frac{\text{М}}{\text{М}^2}$	$\Psi_2 = 0,272 \frac{\text{Вт}}{\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$	0,0775	17,54
Линейный элемент 3 Опираение стены на плиту перекрытия Перфорация 3/1	$\ell_3 = 0,158 \frac{\text{М}}{\text{М}^2}$	$\Psi_3 = 0,211 \frac{\text{Вт}}{\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$	0,0333	7,54
Линейный элемент 4 Примыкание к чердачному перекрытию	$\ell_4 = 0,018 \frac{\text{М}}{\text{М}^2}$	$\Psi_4 = 0,483 \frac{\text{Вт}}{\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$	0,0087	1,97
Линейный элемент 5 Примыкание к перекрытию над подвалом	$\ell_5 = 0,018 \frac{\text{М}}{\text{М}^2}$	$\Psi_5 = 0,094 \frac{\text{Вт}}{\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$	0,0017	0,38
Сумма	-	-	0,4418	100

Таким образом, приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания  $R_0^{\text{пр}}$  составило:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{1}{0,4418} = 2,26 \frac{\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}},$$

а коэффициент теплотехнической однородности соответственно  $\gamma = 0,67$ .

Расчет приведенного сопротивления теп-

лопередаче наружной стены, удельной теплозащитной характеристики здания и расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию был также проведен и с использованием справочных таблиц СП 230.1325800.2015 [3]. Сравнение результатов расчета по двум методикам приведено в табл. 2 (результаты расчета удельных характеристик 25-этажного жилого дома с монолитным железобетонным каркасом).

Таблица 2

Показатель	С использованием ПК ANSYS	С использованием СП 230.1325800.2015
Приведенное сопротивление теплопередаче стены $R_0^{\text{пр}}, \text{М}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$	2,26	2,13
Коэффициент теплотехнической однородности $\gamma$	0,67	0,63
Удельная теплозащитная характеристика здания $k_{об}, \text{Вт}/(\text{М}^3 \cdot ^\circ\text{С})$	0,149	0,154
Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания $q_{от}, \text{Вт}/(\text{М}^3 \cdot ^\circ\text{С})$	0,23	0,24

Как видно из табл. 1, результаты расчета теплоэнергетических характеристик с использованием ПК ANSYS по сравнению со значениями, полученными с использованием СП по приведенному сопротивлению теплопередаче стены больше на 6,1%, по коэффициенту теплотехнической однородности – на 6,3%, по удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания и удельной теплозащитной характеристике – меньше соответственно

на 4,3 и на 3,2%. В целом результаты расчетов имеют высокую сходимость.

Следует отметить, что в расчетах приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен каркасного здания с использованием ПК ANSYS учитывалось наличие воздушной прослойки между газобетонными блоками и кирпичной облицовкой (рис. 4 – температурное поле модели узла сопряжения плиты перекрытия со стеной из конструкционно-теплоизоляционных мате-

риалов с облицовкой кирпичом (с воздушной прослойкой), перфорация 3/1).

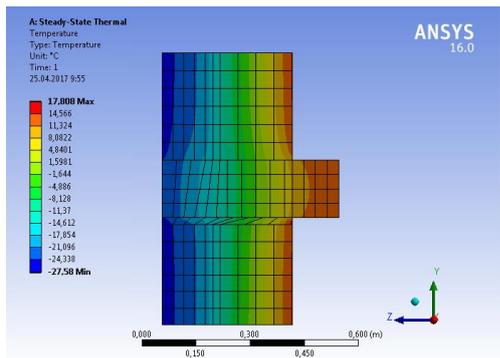


Рис. 4

В справочных таблицах [3] удельных потерь теплоты для узла сопряжения плиты перекрытия со стеной воздушная прослойка в подобном конструктивном решении отсутствует. Проведенный нами анализ влияния воздушной прослойки в стене на

удельные потери теплоты через узел сопряжения с монолитной плитой перекрытия (с перфорацией утеплителем), представленный на рис. 4 и рис. 5 (зависимость удельных потерь теплоты от теплопроводности камня в узле сопряжения плиты перекрытия толщиной 210 мм со стеной (кладка из конструктивно-теплоизоляционных материалов с облицовкой кирпичом) с учетом воздушной прослойки и без нее, перфорация плиты 3/1: а) – для толщины кладки 200 мм; б) – для толщины кладки 300 мм; в) – для толщины кладки 500 мм), показал, что воздушная прослойка в составе конструкции практически не оказывает влияния на теплотери для камня низкой плотности, но позволяет уменьшить удельные потери теплоты от 4,3 до 39,1% для кладки из газобетонных блоков или поризованной керамики с коэффициентом теплопроводности 0,18 Вт/[м·°С] и выше (средняя плотность 700 кг/м<sup>3</sup> и выше).

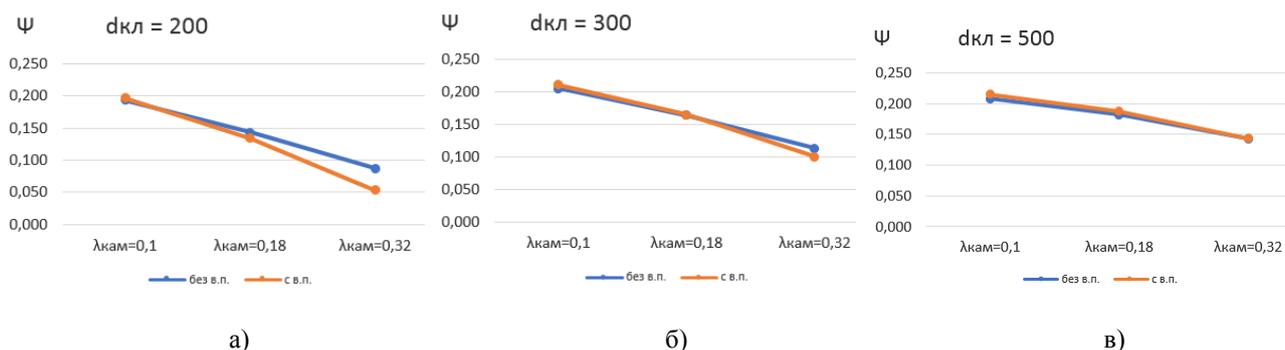


Рис. 5

Таблица 3

	$d_{пл} = 160 \text{ мм}$		
	$\lambda_{кам} = 0,1$	$\lambda_{кам} = 0,18$	$\lambda_{кам} = 0,32$
$d_{кл} = 200$	0,156	0,116	0,074
$d_{кл} = 300$	0,166	0,135	0,096
$d_{кл} = 500$	0,169	0,15	0,12
$d_{пл} = 210 \text{ мм}$			
$d_{кл} = 200$	0,193	0,143	0,087
$d_{кл} = 300$	0,205	0,164	0,113
$d_{кл} = 500$	0,208	0,182	0,143

Поскольку в климатических условиях Башкирии вариант стены-заполнения из газобетонных блоков с воздушной прослойкой встречается значительно чаще, с целью помощи проектировщикам авторами была разработана справочная таблица удельных по-

терь теплоты через узел сопряжения такой стены с монолитной плитой перекрытия с перфорацией утеплителем (табл. 3 – удельные потери теплоты  $\Psi$ , Вт/(м·°С), для узла сопряжения плиты перекрытия со стеной. Кладка из блоков легкого, особо легкого и

ячеистого бетонов или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом (с воздушной прослойкой). Перфорация 3/1). Толщина воздушной прослойки, заложенная в расчет, составляет 40 мм. Стоит отметить, что изменение толщины воздушной прослойки в пределах от 20 до 60 мм незначительно влияет на величину потерь теплоты через данный узел.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, на наш взгляд, при проектировании теплозащитных характеристик жилых и гражданских зданий для упрощенного инженерного расчета целесообразно использовать справочные таблицы [3], но для более детального научного анализа возможности повышения теплотехнической однородности ограждений, безусловно, следует использовать современные программные комплексы, в частности ANSYS. Кроме того, с использованием данного комплекса в дополнение к [3] была предложена справочная таблица удельных потерь теплоты для узла сопряжения перфорированной плиты перекрытия со стеной-заполнением с учетом воздушной прослойки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бедов А.И., Гайсин А.М., Габитов А.И. Компьютерное моделирование работы под нагрузкой высокопустотных керамических стеновых изделий и кладок на их основе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №3. С. 215...220.
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 / Минрегион России. – М.: ФАУ "ФЦС", 2012.
3. СП 230.1325800.2015. Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей / Минстрой России. – М.: ФАУ "ФЦС", 2015.
4. Бедов А.И., Бабков В.В., Гайсин А.М., Габитов А.И. Опыт эксплуатации жилых и гражданских зданий с теплоэффективными наружными стенами в климатических условиях Республики Башкортостан // Вестник МГСУ. – 2011. Том 1, № 2. С. 89...94.
5. Люблинский В.А., Тамразян А.Г. Безопасность несущих систем многоэтажных зданий при локальном изменении жесткостных характеристик несущих элементов // Сб. научн. тр. III Всероссийск. (II Междунар.) конф. по бетону и железобетону: Бетон и железобетон – взгляд в будущее: В семи томах. – 2014. С. 90...99.

6. Kabantsev O.V., Tamrazian A.G. Allowing for changes in the calculated scheme during the analysis of structural behaviour // Magazine of Civil Engineering. – 49 (5), 2014. P. 15...26.

7. Тамразян А.Г. Ресурс живучести – основной критерий проектных решений высотных зданий // Жилищное строительство. – 2010, № 1. С. 15...18.

8. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures // Procedia Engineering. – 153, 2016. P. 721...725.

9. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий / Госстрой России, ФГУП ЦНС. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.

10. Гайсин А.М., Бабков В.В. Анализ несущих наружных стен многоэтажных жилых домов в Республике Башкортостан с позиции удельной теплозащитной характеристики // Строительные материалы. – 2016, № 10. С. 55...58.

11. Крышов С.И., Курилюк И.С. Проблемы экспертной оценки тепловой защиты зданий // Жилищное строительство. – 2016, № 7. С. 3...5.

12. Гагарин В.Г., Дмитриев К.А. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах // Строительные материалы. – 2013, №3. С. 14...16.

13. Умнякова Н.П., Егорова Т.С., Черкас В.Е., Белогуров П.Б., Андрейцева К.С. Повышение энергоэффективности зданий за счет повышения теплотехнической однородности наружных стен в зоне сопряжения с балконными плитами // Строительные материалы. – 2012, № 6. С. 17...19.

14. Голубев С.С. Определение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций на основе численного расчета распределения температурных полей // Научно-технический вестник Поволжья. – 2011, № 5. С. 93...97.

15. Ананьин М.Ю., Ведищева Ю.С. Многофакторное численное исследование теплотехнических свойств сэндвич-панелей вертикальной разрезки // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. – 2012, № 2. С. 71...75.

16. Сурсанов Д.Н., Пономарев А.Б. Определение приведенного сопротивления теплопередаче самонесущей стеновой панели // Вестник Пермского национального исслед. политехн. ун-та. Строительство и архитектура. – 2015, № 4. С. 144...165.

17. Гайсин А.М., Самоходова С.Ю., Недосеко И.В., Пайметькина А.Ю. Сравнительная оценка удельных теплопотерь через элементы наружных стен жилых зданий, определяемых по различным методикам // Жилищное строительство. – 2016, № 5. С.36...40.

18. Бедов А.И., Бабков В.В., Габитов А.И., Сахугареев Р.Р., Салов А.С. Монолитное строительство в Республике Башкортостан: от теории к практике // Вестник МГСУ. – 2013, № 10. С. 110...121.

## REFERENCES

1. Bedov A.I., Gaysin A.M., Gabitov A.I. Komp'yuternoe modelirovanie raboty pod nagruzkoy vysokopustotnykh keramicheskikh stenovykh izdeliy i kladok na ikh osnove // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.* – 2017, №3. S. 215...220.
2. SP 50.13330.2012 Teplovaya zashchita zdaniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 23-02-2003/ Minregion Rossii. – M.: FAU "FTsS", 2012.
3. SP 230.1325800.2015. Konstruktsii ogradhdayushchie zdaniy. Kharakteristiki teplotekhnicheskikh neodnorodnostey / Ministroy Rossii. – M.: FAU "FTsS", 2015.
4. Bedov A.I., Babkov V.V., Gaysin A.M., Gabitov A.I. Opyt ekspluatatsii zhilykh i grazhdanskikh zdaniy s teploeffektivnymi naruzhnymi stenami v klimaticheskikh usloviyakh Respubliki Bashkortostan // *Vestnik MGSU.* – 2011. Tom 1, № 2. S. 89...94.
5. Lyublinskiy V.A., Tamrazyan A.G. Bezopasnost' nesushchikh sistem mnogoetazhnykh zdaniy pri lokal'nom izmenenii zhestkostnykh kharakteristik nesushchikh elementov // *Sb. nauchn. tr. III Vserossiysk. (II Mezhdunar.) konf. po betonu i zhelezobetonu: Beton i zhelezobeton – vzglyad v budushchee: V semi tomakh.* – 2014. S. 90...99.
6. Kabantsev O.V., Tamrazian A.G. Allowing for changes in the calculated scheme during the analysis of structural behaviour // *Magazine of Civil Engineering.* – 49 (5), 2014. P. 15...26.
7. Tamrazyan A.G. Resurs zhivuchesti – osnovnoy kriteriy proektnykh resheniy vysotnykh zdaniy // *Zhilishchnoe stroitel'stvo.* – 2010, № 1. S. 15...18.
8. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures // *Procedia Engineering.* – 153, 2016. P.721...725.
9. SP 23-101–2004. Proektirovanie teplovoy zashchity zdaniy / Gosstroy Rossii, FGUP TsNS. – M.: FGUP TsPP, 2004.
10. Gaysin A.M., Babkov V.V. Analiz nesushchikh naruzhnykh sten mnogoetazhnykh zhilykh domov v Respublike Bashkortostan s pozitsii udel'noy teplozashchitnoy kharakteristiki // *Stroitel'nye materialy.* – 2016, № 10. S. 55...58.
11. Kryshov S.I., Kurilyuk I.S. Problemy ekspertnoy otsenki teplovoy zashchity zdaniy // *Zhilishchnoe stroitel'stvo.* – 2016, № 7. S. 3...5.
12. Gagarin V.G., Dmitriev K.A. Uchet teplotekhnicheskikh neodnorodnostey pri otsenke teplozashchity ogradhdayushchikh konstruktsiy v Rossii i evropeyskikh stranakh // *Stroitel'nye materialy.* – 2013, №3. S. 14...16.
13. Umnyakova N.P., Egorova T.S., Cherkas V.E., Belogurov P.B., Andreytseva K.S. Povyshenie energo-effektivnosti zdaniy za schet povysheniya teplotekhnicheskoy odnorodnosti naruzhnykh sten v zone sopryazheniya s balkonnymi plitami // *Stroitel'nye materialy.* – 2012, № 6. S. 17...19.
14. Golubev S.S. Opredelenie privedennogo soprotivleniya teploperedache ogradhdayushchikh konstruktsiy na osnove chislennogo rascheta raspredeleniya temperaturnykh poley // *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzh'ya.* – 2011, № 5. S. 93...97.
15. Anan'in M.Yu., Vedishcheva Yu.S. Mnogofaktornoe chislennoe issledovanie teplotekhnicheskikh svoystv sendvich-paneley vertikal'noy razrezki // *Akademicheskiiy vestnik UralNIIProekt RAASN.* – 2012, № 2. S. 71...75.
16. Sursanov D.N., Ponomarev A.B. Opredelenie privedennogo soprotivleniya teploperedache samonesushchey stenovoy paneli // *Vestnik Permskogo natsional'nogo issled. politekhn. un-ta. Stroitel'stvo i arkhitektura.* – 2015, № 4. S. 144...165.
17. Gaysin A.M., Samokhodova S.Yu., Nedoseko I.V., Paymet'kina A.Yu. Sravnitel'naya otsenka udel'nykh teplopoter' cherez elementy naruzhnykh sten zhilykh zdaniy, opredelyaemykh po razlichnym metodikam // *Zhilishchnoe stroitel'stvo.* – 2016, № 5. S. 36...40.
18. Bedov A.I., Babkov V.V., Gabitov A.I., Sakhibgareev R.R., Salov A.S. Monolitnoe stroitel'stvo v Respublike Bashkortostan: ot teorii k praktike // *Vestnik MGSU.* – 2013, № 10. S. 110...121.

Рекомендована кафедрой железобетонных и каменных конструкций НИУ МГСУ. Поступила 16.04.18.