

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 69:69.07:692:699.86:699.88

DOI: 10.22227/1997-0935.2024.2.181-193

## Расчетно-теоретические исследования узловых соединений в монолитных зданиях

Татьяна Александровна Белаш<sup>1</sup>, Анатолий Всеволодович Кузнецов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский центр «Строительство» (НИЦ «Строительство»); г. Москва, Россия;

<sup>2</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС);  
г. Санкт-Петербург, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Сектор гражданского строительства в крупных регионах России в основном представлен монолитным домостроением. Приведена типология конструктивных решений узлов сопряжения дисков перекрытий со стенами. Выполнен анализ таких конструктивных решений в процессе эксплуатации.

**Материалы и методы.** Рассмотрен участок диска перекрытия с перфорацией под термовкладыши. Численный эксперимент в программном комплексе ANSYS включал построение трехмерной модели фрагмента плиты с перфорацией в модуле Design Modeler. Посредством модуля Mesh генерировалась сетка конечных элементов типа Solid 45, представленная в виде трехмерных 8-узловых объемных элементов. Применялся решатель Elemental Difference, позволяющий повысить точность расчетов. В качестве граничных условий учитывались температурные воздействия, силовые воздействия от веса ограждающих стеновых конструкций на консольную часть плиты не учитывались.

**Результаты.** В холодный период года в отапливаемых зданиях разрушение защитного слоя бетона возникает в зоне знакопеременных температурных воздействий, что приводит к тому, что в диске перекрытия с перфорацией характер многоциклового температурного влияния формирует появление трещин и деструкции бетона на боковых поверхностях шпонок. При действии отрицательных температур наружного воздуха наибольшие напряжения возникают в местах соединения перфорации шпонками и превосходят нормативные значения расчетного напряжения в 1,4 раза.

**Выводы.** Наиболее уязвимым местом дисков перекрытий с перфорацией являются шпоночные соединения, которые находятся под влиянием циклических температур. По результатам многофакторного анализа напряженно-деформированного состояния диска перекрытия, снабженного перфорацией под термовкладыши, с учетом геометрических параметров перфорации и температурно-климатических воздействий, установлены причины уязвимостей, появление которых связано с высокими значениями нормальных и касательных напряжений, превышающими предельно допустимые при отрицательных значениях температуры наружного воздуха, приводящие к начальной локализации разрушения. Повышение эксплуатационных качеств зданий монолитной конструкции обеспечивается путем применения усовершенствованных конструкций. Предлагаемые конструктивные решения позволяют решить вопросы, связанные с долговечностью и безопасностью при эксплуатации объектов гражданского назначения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, железобетонные монолитные перекрытия, численные методы расчета, температурно-климатические воздействия

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Белаш Т.А., Кузнецов А.В. Расчетно-теоретические исследования узловых соединений в монолитных зданиях // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. Вып. 2. С. 181–193. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.2.181-193

Автор, ответственный за переписку: Анатолий Всеволодович Кузнецов, akuznetsov@pgups.ru.

## Computational and theoretical studies of nodal joints in monolithic buildings

Tatyana A. Belash<sup>1</sup>, Anatoly V. Kuznetsov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Center of Construction; Moscow, Russian Federation;

<sup>2</sup> Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS);  
Saint Petersburg, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** The civil engineering sector in large regions of Russia is mainly represented by monolithic housing construction. A typology of constructive solutions for interfaces between floor slabs and a wall is given. The analysis of such con-

structive solutions during operation is carried out. Defects and damages formed in the cantilever part of the perforated floor slab were determined. A numerical study of the stress-strain state of nodal joints was carried out, taking into account natural and climatic influences. An assessment of the performance of such buildings is given. Improved and new types of junctions of floor slabs with an outer wall are proposed.

**Materials and methods.** The section of the floor slab with perforation for thermal liners is considered. The numerical experiment carried out in the ANSYS software package included the construction of a three-dimensional model of a perforated slab fragment in the Design Modeler module. A finite element mesh of Solid 45 type, represented as three-dimensional 8-node volume elements, was generated using the Mesh module. The Elemental Difference solver was used to improve the accuracy of calculations. Temperature effects were taken into account as boundary conditions, force effects from the weight of enclosing wall structures on the cantilever part of the slab were not taken into account.

**Results.** A numerical study of the interface nodes of the floor slab with the wall was carried out. It was determined that in the cold period of the year, in heated buildings of the type under consideration, the destruction of the protective layer of concrete occurs in the zone of alternating temperature effects, which leads to the fact that in the perforated floor slab, the nature of the multi-cycle temperature effects forms the appearance of cracks and destruction of concrete on the side surfaces of the keys. The results of numerical simulation showed that under the action of negative outdoor temperatures, the greatest stresses occur at the junctions of perforations with keys and exceed the standard values of the calculated stress by 1.4 times. For example, for the ratio  $a/b$  equal to 100/100, the values of normal stresses  $\sigma_z$  amounted to 1.16 MPa, taking into account temperature and climatic influences in the cold season. New types of design solutions are proposed for the junctions of the floor slab with the wall, which allow to reduce the values of normal stresses to a level that does not exceed the standard values of the design compression resistance established by CP 63.13330.2018.

**Conclusions.** Based on the performed studies, it was found that the most vulnerable point of the floor slabs with perforation are key connections, which are influenced by cyclic temperatures. Based on the results of multifactor analysis of the stress-strain state of the floor slab with perforation for thermal inserts, taking into account the geometric parameters of perforation and temperature and climatic influences, the causes of vulnerabilities were established, the appearance of which is associated with high values of normal and tangential stresses exceeding the maximum permissible at negative outdoor temperatures, leading to the initial localization of destruction. The improvement of the operational qualities of monolithic buildings is ensured by the use of improved structures. The proposed design solutions make it possible to solve issues related to durability and safety during the operation of civil facilities.

**KEYWORDS:** finite element method, stress-strain state, reinforced concrete monolithic floors, numerical calculation methods, temperature and climatic effects

**FOR CITATION:** Belash T.A., Kuznetsov A.V. Computational and theoretical studies of nodal joints in monolithic buildings. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2024; 19(2):181-193. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.2.181-193 (rus.).

*Corresponding author:* Anatoly V. Kuznetsov, akuznetsov@pgups.ru.

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях городской агломерации сектор гражданского строительства России преимущественно представлен монолитным домостроением [1–3]. Высокие темпы строительства зданий, строящихся по монолитной конструктивной системе [4], позволяют решить ряд социальных задач, лежащих в основе государственной жилищной политики, связанных с увеличением жилой площади в ряде регионов страны [5]. Массовое возведение таких многоэтажных комплексов характеризуется перекрестно-стеновой конструктивной схемой. Конструктивные решения представляют собой чаще всего трехслойные стеновые конструкции, опирающиеся на консольную часть монолитного диска перекрытия, в которой, как правило, из теплотехнических соображений предусмотрена перфорация, заполняемая теплоизоляционным материалом.

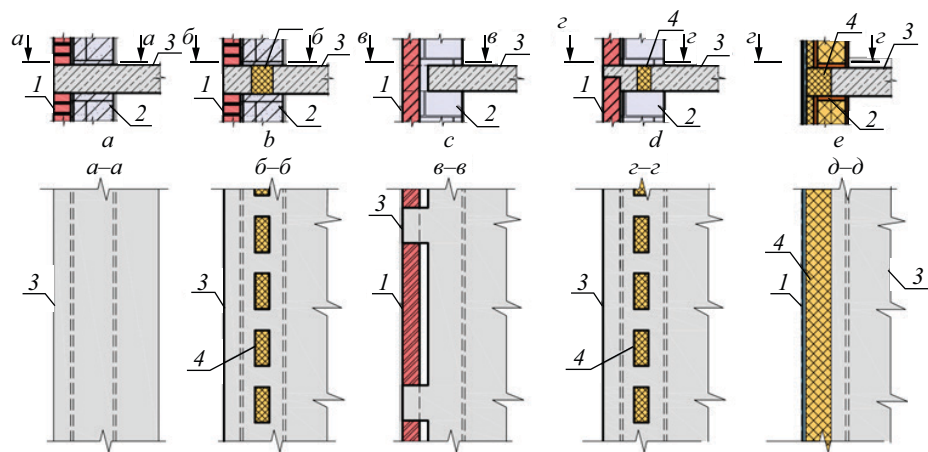
Исследования показали, что для зданий, выполненных по монолитной конструктивной системе, характерны различные варианты устройств узлов сопряжений дисков перекрытий с наружными стеновыми конструкциями (рис. 1) [6–8]. В практике строительства наибольшее распространение получили конструктивные решения, выполненные по типу 2 (рис. 1, b).

При этом ряд интегральных значений эксплуатационных качеств монолитных зданий в основ-

ном на стадии разработки проектной и рабочей документации в полной мере не учитывается. Например: тепловлажностный режим помещений [9], влияние температурно-климатических воздействий на напряженно-деформированное состояние (НДС) узловых соединений монолитных зданий [10], безопасность и долговечность [11–13].

Недооценка климатического влияния, ошибки на стадии проектирования и строительства монолитных зданий приводят к различным дефектам и повреждениям [14].

Для рассматриваемых типов узловых соединений присуще устройство перфорации в консольной части плиты, заполняемое термовкладышами. Проводимые натурные исследования таких конструктивных решений выявили низкие эксплуатационные качества, что выражается в том числе ошибками в проектной документации и на стадии возведения зданий, теплотехническими дефектами и повреждениями в виде развития трещин, деформации материала в местах сопряжения узловых соединений дисков перекрытий с наружными стеновыми конструкциями [15, 16]. Совокупность влияния этих факторов, а также нарушение технологии выполнения монолитных работ зачастую приводят к аварийным ситуациям [17–22], а впоследствии к значительным технико-экономическим затратам, связанным с восстановлением таких зданий.



**Рис. 1.** Типология узлов сопряжения дисков перекрытий со стенами: *a* — перекрытие без утеплителя (тип 1); *b* — перекрытие с перфорацией (тип 2); *c* — перекрытие с консольными выпусками (тип 3); *d* — перекрытие с подрезкой в виде «зуба» (тип 4); *e* — перекрытие с внешним теплоизоляционным слоем (тип 5); 1 — наружный (лицевой) слой; 2 — внутренний слой; 3 — диск перекрытия; 4 — теплоизоляция (термовкладыш)

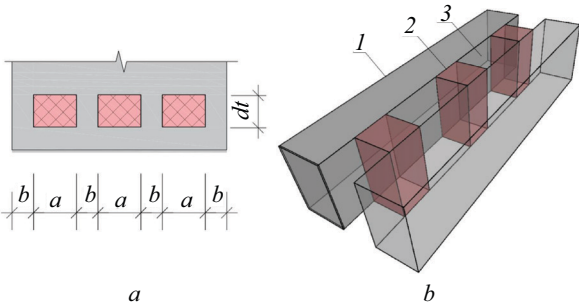
**Fig. 1.** Typology of nodes of interface of floor slabs with the wall: *a* — slab without insulation (type 1); *b* — slab with perforation (type 2); *c* — slab with cantilevered outlets (type 3); *d* — slab with “tooth” trimming (type 4); *e* — slab with external thermal insulation layer (type 5); 1 — external (face) layer; 2 — internal layer; 3 — floor slab; 4 — thermal insulation (thermal insert)

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с Приложением Г. 3 СП 230.1325800.2015 вариативность шага перфорации *a/b* принимается в диапазоне от 1/1 до 1/5 с последующим устройством термовкладышей в консольной части диска перекрытия. Схема размещения перфорации диска перекрытия представлена на рис. 2, на котором обозначены основные геометрические параметры, включающие длину термовкладыша — *a*, длину шпонки — *b*, ширину термовкладыша — *dt*.

В табл. 1 приведены варианты устройства шага перфорации в монолитной плите.

Применение перфорации предусматривается для укладки термовкладышей из экструдированного пенополистирола в целях снижения влияния «мостика холода» на параметры микроклимата помещений. Причем для недопущения промерзания несущих конструкций геометрическое расположение слоя термовкладыша в перфорации железобетонного диска перекрытия должно быть совмещено со слоем утеплителя в стене (рис. 3, *a*). Однако на практике данные требования не всегда выполняются, что показано на рис. 3, *b*.



**Рис. 2.** Схема расположения фрагмента диска перекрытия: *a* — схема размещения перфорации диска перекрытия; *b* — 1 — торцевой брус; 2 — шпонки; 3 — перфорация

**Fig. 2.** Layout of the floor slab fragment: *a* — layout of the floor slab perforation; *b* — 1 — end bar; 2 — keys; 3 — perforation

Следует отметить, что при разработке проектных решений по определению энергоэффективности монолитных зданий принято руководствоваться Приложением Г. 3 СП 230.1325800, в котором приведены значения удельной потери теплоты  $\psi$ , Вт/(м·°C),

**Табл. 1.** Варианты устройства перфорации монолитного диска перекрытия при соотношении *a/b* = 1/1; 2/1; 3/1; 4/1; 5/1  
**Table 1.** Variants of perforation device of monolithic floor slab at ratio *a/b* = 1/1; 2/1; 3/1; 4/1; 5/1

<i>a/b</i>	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1
Вариант 1 / Variant 1					
<i>a</i>	100	200	300	400	500
<i>b</i>	100	100	100	100	100
Вариант 2 / Variant 2					
<i>a</i>	150	300	450	600	750
<i>b</i>	150	150	150	150	150



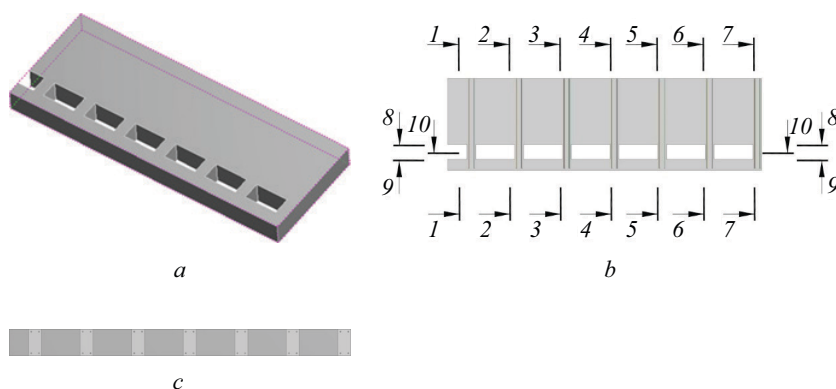
**Рис. 3.** Фрагменты диска перекрытия и балконной плиты с перфорацией: *a* — фактическое размещение шага перфорации диска перекрытия; *b* — фрагмент балконной плиты с перфорацией под термовкладыши и зоной локальных повреждений

**Fig. 3.** Fragments of the floor slab and balcony slab with perforations: *a* — actual placement of the perforation pitch of the floor slab; *b* — fragment of the balcony slab with perforations for thermal inserts and a zone of localized damage

для различных узловых соединений с наружной несущей многослойной стеной различной конструкции. Тем не менее в литературных источниках сведения о влиянии отношения  $a/b$  на НДС плиты перекрытия в зоне перфорации при температурных воздействиях отсутствуют<sup>1</sup> [23–25].

В этой связи рассмотрим здание с перекрестно-стеновой конструктивной схемой. Выделим типовой фрагмент ограждающей конструкции — диск перекрытия с перфорацией. Согласно предлагаемой типологии (см. рис. 1), данное конструктивное решение относится к типу 2.

<sup>1</sup> СП 230.1325800.2015. Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей (с Изменением № 1). М. : Минстрой России, 2015.



**Рис. 4.** Расчетная модель фрагмента в зоне перфорации при  $a = 300$  мм,  $b = 100$  мм: *a* — общий вид модели с арматурными стержнями в шпонках; *b* — вид сверху; *c* — вид спереди

**Fig. 4.** Computational model of the fragment in the perforation zone at  $a = 300$  mm,  $b = 100$  mm: *a* — general view of the model with reinforcement bars in keys; *b* — top view; *c* — front view

Оценка и анализ НДС трехмерной расчетной модели перфорированного диска перекрытия (рис. 4) проводился численными методами в программном комплексе ANSYS с учетом температурно-климатических воздействий. Рассматриваемый фрагмент диска перекрытия имел следующие фиксированные параметры: ширина — 1,35 м, перфорация — 7 шт.; длина диска перекрытия варьировалась с учетом соотношений  $a/b$ , представленных в табл. 1 (вариант 1). Толщина плиты в расчетной модели принята равной 200 мм, класс бетона В20, класс арматуры А500.

В расчетной модели исходные геометрические параметры приняты в соответствии с типовыми проектными решениями, показанными на рис. 5. В модели предусматривалось армирование плиты продольными арматурными стержнями вдоль шпонок. Варианты устройства перфорации монолитного диска перекрытия рассматривались согласно рекомендуемым параметрам СП 230.1325800.2015 при соотношениях  $a/b = 1/1; 2/1; 3/1; 4/1; 5/1$ .

Шпонки монолитно соединяют торцевой брус с основной частью плиты перекрытия, образуя, тем самым, статически неопределимую подсистему. В соответствии с СП 20.13330 нормативный температурный перепад в данном случае определяется разностями (1), (2):

$$\Delta t_w = t_w - t_{0c} \quad (1)$$

в теплое время года;

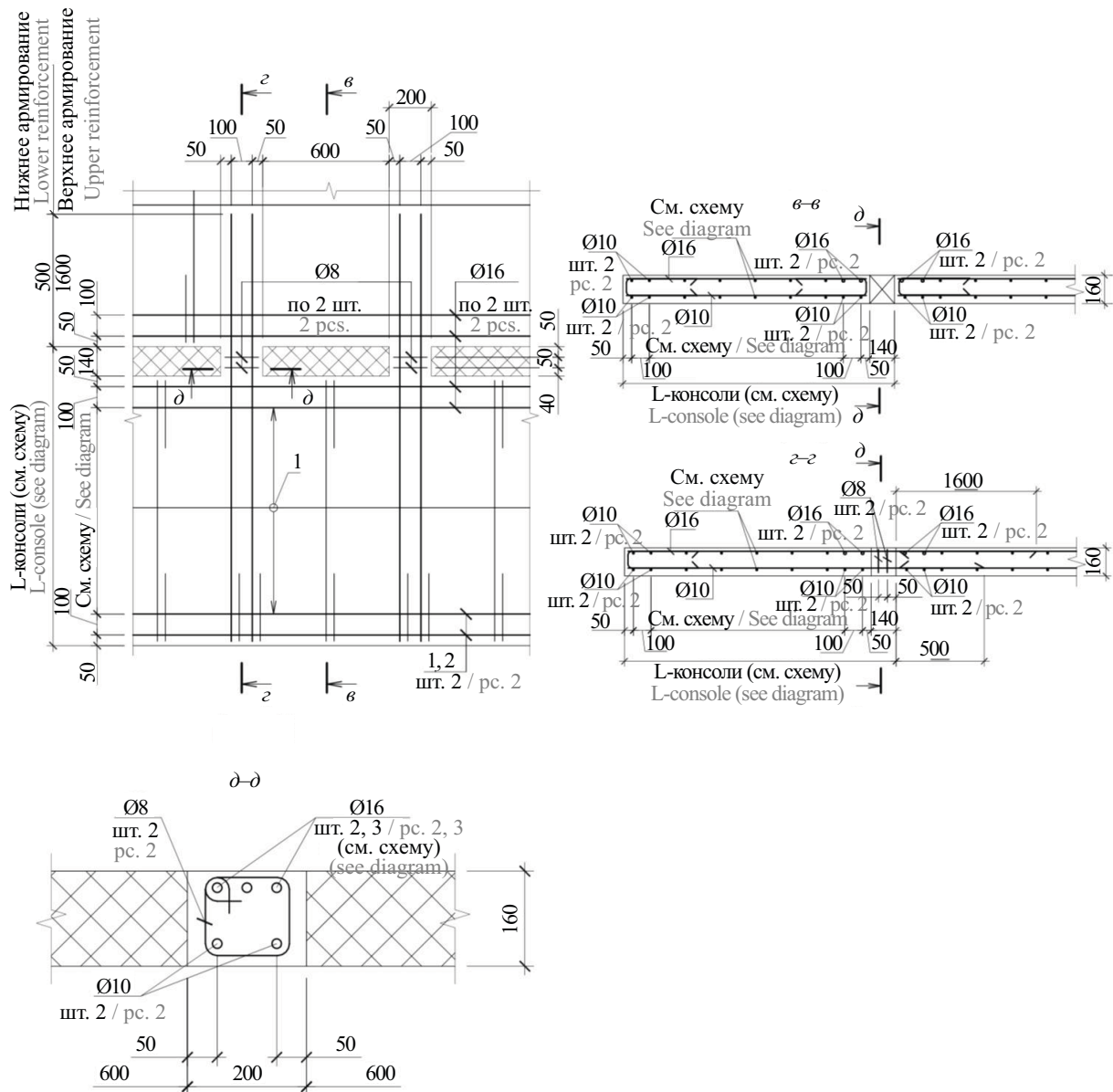
$$\Delta t_c = t_c - t_{0w} \quad (2)$$

изменение средней температуры в холодное время года,

где  $t_w, t_c$  — нормативные значения средних температур по сечению лицевого слоя в теплое и холодное время года;  $t_{0w}, t_{0c}$  — начальные температуры, соответствующие замыканию лицевого слоя, в теплое и холодное время года.

Нормативные и расчетные значения нагрузки от температурных климатических воздействий,





**Рис. 5.** Схема армирования фрагмента диска перекрытия (балкона) в зоне устройства перфорации

**Fig. 5.** Reinforcement scheme of the floor slab fragment (balcony) in the perforation zone

определенные в соответствии с СП 20.13330 для г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области (а также районов с аналогичными климатическими параметрами), сведены в табл. 2.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Температурно-климатические воздействия, включающие циклические колебания наружной температуры воздуха, солнечной радиации, влажности воздуха оказывают влияние на НДС узловых сопряжений монолитных зданий. Стеновые ограждающие конструкции зданий, а также диски перекрытий в зонах устройства перфорации испытывают существенные усилия, которые в ряде случаев являются причиной возникновения различного рода повреждений [26–33].

С целью определения характера НДС для исследуемой расчетной модели (см. рис. 4) задавались граничные условия в виде температурных нагрузок, приложенных к вертикальным граням перфорированного диска перекрытия. В качестве температурных нагрузок внешней среды задавались температуры в диапазоне от 0 до  $-40^{\circ}\text{C}$ , при этом также была определена температура замыкания конструкции для условий Санкт-Петербурга (см. табл. 2).

Для данного случая результаты расчета температурных полей отображены на рис. 6 в виде послойного среза конструкции заданными температурами, находящимися в диапазоне от 20 до  $-25^{\circ}\text{C}$ . На границах температурных срезов в зоне расположения шпоночных соединений распределение температур достигало отрицательных значений при температуре замыкания  $-25,96^{\circ}\text{C}$ .

Табл. 2. Значения нагрузки от температурных климатических воздействий

Table 2. Load values from temperature climatic effects

Параметр Parameter	Нормативное значение температур, °C Normative value of temperatures, °C			Расчетное значение температур, °C Calculated value of temperatures, °C		
	южная сторона south side	восточная и западная стороны east and west sides	северная сторона north side	южная сторона south side	восточная и западная стороны east and west sides	северная сторона north side
$\Delta t_w$	18,3	14,4	15,9	20,1	15,8	17,5
$\Delta t_c$	-23,9			-25,96		
$\vartheta_w = \vartheta_s$	6,0	7,15	2,43	7,3	7,87	2,67
$\vartheta_c^*$	0			0		

Примечание: \*  $\vartheta_c$  — средний перепад температуры по сечению элемента в холодный период года.

Note: \*  $\vartheta_c$  is the average temperature difference across the element cross-section in the cold season.

При этих же температурных значениях определены перемещения вдоль торцевого бруса, максимальные значения которых составили 0,75 мм при длине торцевого бруса 2650 мм и соотношении  $a/b = 3/1$  (рис. 7, а). Диаграмма перемещений при разном соотношении  $a/b$  при воздействии температуры минус  $-25,96\text{ }^{\circ}\text{C}$  представлена на рис. 7, б. Необходимо отметить, что при низких отрицательных температурах до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  максимальные значения продольных деформаций (по длине торцевого бруса) увеличивались и составляли более 1 мм.

На диаграмме перемещений (см. рис. 7, а) рассматриваются случаи, когда ширина шпонки  $b = 100\text{ мм}$ , длина перфорации  $a = 100, 200, 300, 400, 500\text{ мм}$  ( $a/b = 1/1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5$ ). Из диаграммы видно, что значения горизонтальных перемещений практи-

чески линейно возрастают при увеличении отношения  $a/b$  (длины торцевого бруса).

На рис. 8 показан фрагмент схемы расположения диска перекрытия с перфорацией. Сечения, для которых численными исследованиями определялись нормальные  $\sigma_x$  и касательные  $\tau_{xz}$  напряжения, приняты в соответствии с рис. 4, б.

В табл. 3 показаны значения максимальных и минимальных значений напряжений в сечениях 2–2/8–8, 6–6/8–8 при соотношениях  $a/b$ : 100/100; 300/100; 500/100.

Полученные значения сравнивались с расчетным сопротивлением растяжению  $R_{bt} = 0,81\text{ МПа}$  для бетона класса В20 в соответствии с СП 63.13330.2018. Фрагмент узла сопряжения диска перекрытия со стеной исследовался для периода с отрицательными температурами наружного воздуха,

C: Copy of Steady-State Thermal

Temperature

Type: Temperature

Unit: °C

Time: 1

Max: 22

Min: -25,96

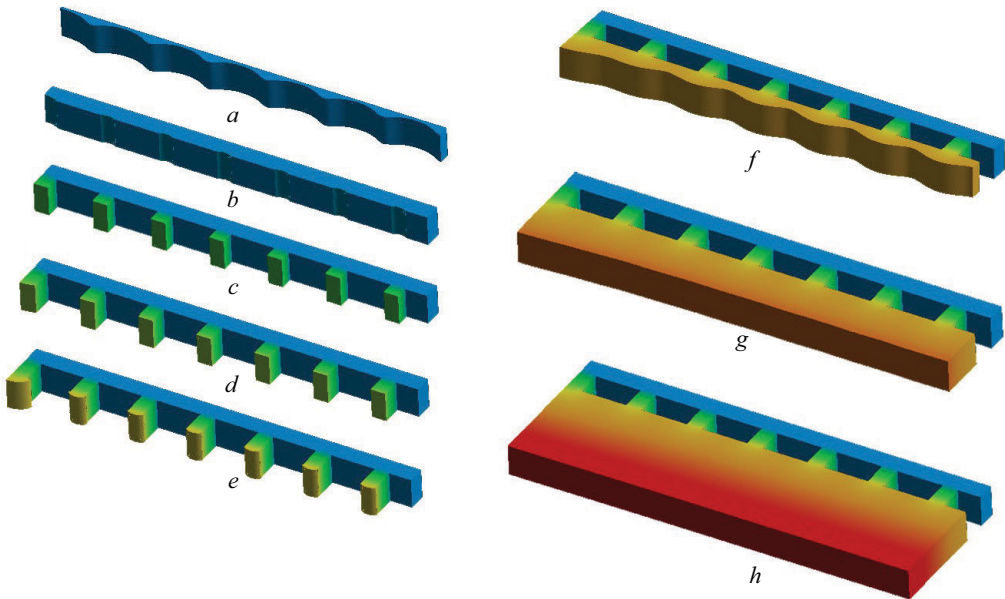
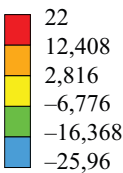
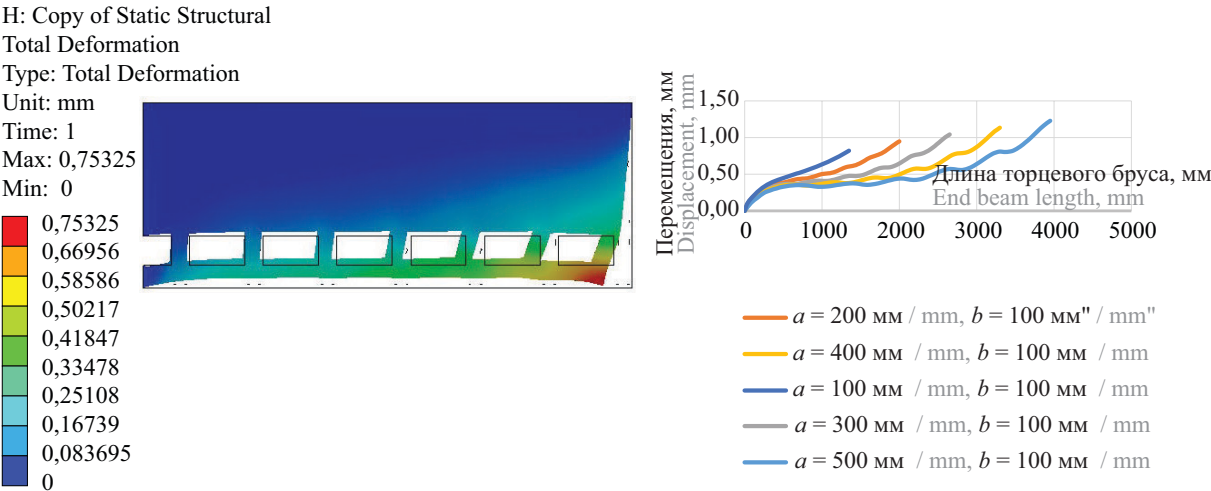


Рис. 6. Результаты расчета фрагмента диска перекрытия в зоне перфорации при  $\Delta T = -25,96\text{ }^{\circ}\text{C}$ : а —  $t = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; б —  $t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; в —  $t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; д —  $t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; е —  $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; ф —  $t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; г —  $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; з —  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Fig. 6. Calculation results of the floor slab fragment in the perforation zone at  $\Delta T = -25,96\text{ }^{\circ}\text{C}$ : а —  $t = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; б —  $t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; в —  $t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; д —  $t = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; е —  $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; ф —  $t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; г —  $t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; з —  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$



Температурное воздействие Temperature impact	Положение Position	Сечение Cross- section	a/b					
			100/100		300/100		500/100	
			$\sigma_{\min}^{\prime}$ , МПа $\sigma_{\min}^{\prime}$ , МПа	$\sigma_{\max}^{\prime}$ , МПа $\sigma_{\max}^{\prime}$ , МПа	$\sigma_{\min}^{\prime}$ , МПа $\sigma_{\min}^{\prime}$ , МПа	$\sigma_{\max}^{\prime}$ , МПа $\sigma_{\max}^{\prime}$ , МПа	$\sigma_{\min}^{\prime}$ , МПа $\sigma_{\min}^{\prime}$ , МПа	$\sigma_{\max}^{\prime}$ , МПа $\sigma_{\max}^{\prime}$ , МПа
Теплый период. Температура замыкания Warm period. Circuit temperature	Боковая грань Side edge	2–2	–2,9433	–2,6272	0,7682	1,6010	1,2920	2,3730
	Центр шпонки Key centre		–2,9519	–2,1922	–1,0605	0,2539	–1,0333	0,4392
	Боковая грань Side edge	6–6	–0,0680	0,0563	0,8683	1,0759	2,7582	3,2481
	Центр шпонки Key centre		0,0361	0,1258	–0,2912	0,1641	–0,4275	0,1551
$t_n = -50\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t_n = -50\text{ }^{\circ}\text{C}$	Боковая грань Side edge	2–2	0,8931	1,4592	–2,3334	–1,3381	–2,4719	–1,4267
	Центр шпонки Key centre		0,91599	1,9163	–0,6786	0,76318	–0,5029	0,8970
	Боковая грань Side edge	6–6	–0,5667	–0,3419	–2,6611	–2,2933	–5,0702	–4,4214
	Центр шпонки Key centre		–0,14840	0,08718	–1,1159	–0,07569	–0,9240	–0,1522

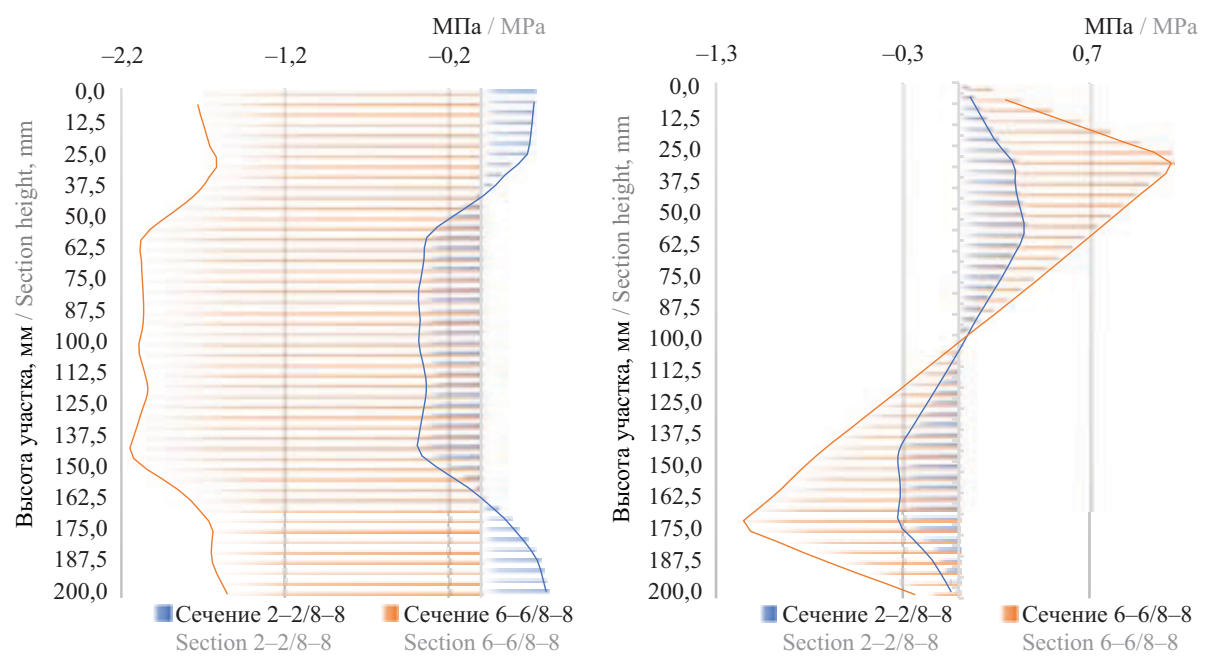


Рис. 9. Нормальные  $\sigma_z$  (a) и касательные  $\tau_{yz}$  (b) напряжения для сечений в поперечном направлении при температуре замыкания в холодный период года  $\Delta t_c = -25,96\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t_w = 20,13\text{ }^{\circ}\text{C}$  для соотношения  $a/b = 500/100$

Fig. 9. Normal  $\sigma_z$  (a) and tangential  $\tau_{yz}$  (b) stresses for cross-sections in transverse direction at circuit temperature in cold season  $\Delta t_c = -25.96\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t_w = 20.13\text{ }^{\circ}\text{C}$  for the ratio  $a/b = 500/100$



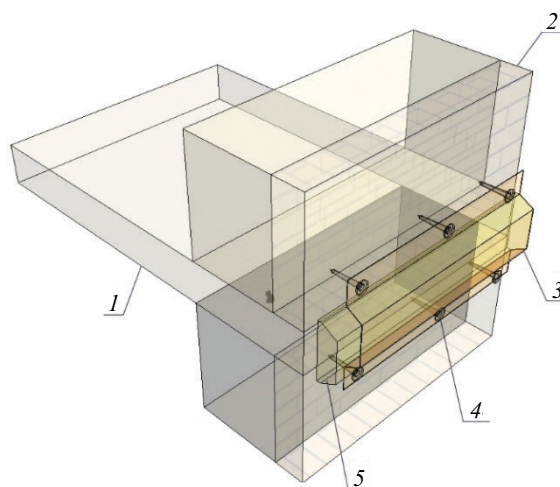
летний режим эксплуатации при таких температурно-климатических воздействиях служит основным дестабилизирующим фактором, показывающим, что наиболее уязвимые элементы диска перекрытия — шпонки и торцевой брус. В случае многоциклового воздействия пониженных температур на отапливаемые здания возникает усадка бетона в стенах и перекрытиях. Оказываемое на боковые вертикальные поверхности шпонок изменение температуры и влажности по сечениям элемента имеет резко неравномерный характер. С учетом того, что торцы диска перекрытия являются уязвимым местом, в ситуациях их открытого расположения вертикальная плоскость на контакте с внешней средой зачастую подвергается критическому воздействию атмосферных осадков. Это приводит к заполнению капилляров и пор в теле бетона влагой, а с учетом воздействия пониженных температур на торцевой брус, работающий под нагрузкой, возникают объемные деформации, приводящие со временем к деструкции бетонного камня и коррозии арматурных стержней.

На этапе исследований консервативно в запас принималось значение  $R_{bt}$  по 1-й группе предельных состояний. Применение перфорации в консольной части плиты по сравнению с традиционным диском перекрытия однозначно снижает значения нормальных  $\sigma_z$  и касательных  $\tau_{yz}$  напряжений в приопорной зоне со стороны наружной стены и приближает их к нормативным значениям, которые могут быть восприняты бетоном конструкции. В ходе проведения численного моделирования превышение напряжений над нормальными значениями наблюдалось не во всех сечениях.

В частности, анализ проводимых численных исследований показал, что наибольшие напряжения возникают в местах соединения перфорации шпонками и превосходят нормативные значения расчетного напряжения в 1,4 раза. Например, для соотношения  $a/b$ , равного 100/100, значения нормальных напряжений  $\sigma_z$  составили 1,16 МПа с учетом температурно-климатических воздействий в холодный период года.

Так как железобетонный диск перекрытия относится к материалам с высокой степенью инерционности, при воздействии отрицательных температур на торец плиты зона перехода через  $0^\circ\text{C}$  будет проходить многократно по сечениям шпонок. Наблюдаемые при этом процессы микро- и макроскопической сегрегации льда в структуре бетонного камня будут ускорять разрушение из-за действия агрегатного состояния воды. В связи с этим необходимо ставить вопрос об опасности применения подобного рода конструктивного решения в жилищном строительстве и о разработке инновационных способов защиты узлов сопряжения диска перекрытия со стеной в монолитных зданиях.

Некоторые из предлагаемых решений показаны на рис. 10. Узел сопряжения диска перекрытия



**Рис. 10.** Устройство для утепления наружной стены здания: 1 — диск перекрытия; 2 — наружная стена; 3 — каркас трапециевидальной формы; 4 — отверстия под дюбель-анкеры; 5 — теплоизоляционный материал; 6 — саморегулируемые электронагревательные кабели

**Fig. 10.** Device for insulation of the outer wall of the building: 1 — floor slab; 2 — outer wall; 3 — trapezoidal frame; 4 — holes for dowel anchors; 5 — thermal insulation material; 6 — self-regulating electric heating cables

со стеной [34] (рис. 10) нашел отражение в практике строительства и включен в региональные методические документы РМД 51-25-2015 (первое издание), РМД 51-25-2018 (переиздание) для условий г. Санкт-Петербурга.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование температурно-климатических воздействий на НДС фрагмента диска перекрытия с перфорацией подтвердило опасность применения существующих типов конструктивных решений. Определено, что наиболее уязвимым местом в перфорированных плитах являются шпонки, поскольку они находятся в зоне влияния циклических температур. Установлено, что наибольшая концентрация напряжений в таких плитах возникает при шаге перфорации  $a/b = 500/100$ .

Для повышения теплотехнических показателей, обеспечения прочности и устойчивости узлов сопряжений дисков перекрытий со стеной рассматривается система конструктивных решений, на которые получены патенты на полезные модели. Предлагается применение усовершенствованных и новых типов конструктивных решений. Например, разницу в напряжениях возможно компенсировать при помощи конструктивных мероприятий, описание которых приводится в ряде публикаций [6, 7, 34].

Эти предложения позволяют решить принципиальные вопросы, связанные с повышением эксплуатационных качеств гражданских зданий.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шембаков В.А. Технология сборно-монолитного домостроения СМК в массовом строительстве России и стран СНГ // Жилищное строительство. 2013. № 3. С. 26–29. EDN PXACBN.
2. Волкова О.Е., Сидоренко К.А. Монолитное домостроение в современном строительстве // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2021. Т. 1. С. 146–149. EDN FTZGJH.
3. Камчыбеков М.П., Мураталиев Н.М., Орозалиев К.Ж., Сагынбеков У.С., Мелисов К.М. К вопросу о монолитном домостроении // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2019. Т. 19. № 4. С. 66–70. EDN BEUJYL.
4. Зенин С.А., Шарипов Р.Ш., Чистяков Е.А., Кудинов О.В. Разработка свода правил «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования» // Вестник НИЦ Строительство. 2020. № 4 (27). С. 18–27. DOI: 10.37538/2224-9494-2020-4(27)-18-27. EDN FALHNM.
5. Пешков В.В., Белобородов К.М. Разработка энергосберегающих мероприятий на этапе строительства монолитных многоэтажных зданий // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 11 (767). С. 106–114. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-767-11-106-114. EDN EFORBP.
6. Кузнецов А.В. Узлы сопряжения диска перекрытия с ограждающими стеновыми конструкциями в монолитном домостроении : автореф. дис. ... канд. тех. наук. СПб., 2023. 23 с. EDN GFCFWD.
7. Kuznetsov A.V., Demin A.M. Energy efficient design solution for the interface node between the floor slab and the wall // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021. 2022. Pp. 799–807. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4\_87. EDN ERFOMA.
8. Kuznetsov A.V., Zimin S.S. Temperature stresses in the perforated overlap disc // Construction of Unique Buildings and Structures. 2022. No. 3 (101). P. 10103. DOI: 10.4123/CUBS.101.3. EDN MPKTH.
9. Сидоров В.Н., Примкулов А.М. Численно-аналитическое решение нестационарной задачи теплопроводности с переменными теплофизическими параметрами среды // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 5. С. 685–696. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.5.685-696. EDN JWFKVJ.
10. Лебедева А.В., Тумаков С.А. Влияние температурно-климатических воздействий на напряженно-деформированное состояние монолитного железобетонного каркаса здания // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2019. № 4 (11). С. 9–14. EDN HQCCED.
11. Сотникова О.А., Целярицкая М.И., Пащенко Ю.О. Анализ «мостиков холода» с целью выявления недостатков монолитного домостроения в г. Воронеже // Известия Юго-Западного государственного университета. 2022. Т. 26. № 3. С. 21–34. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-35. EDN HLPDRO.
12. Guri M., Krosi F., Xhexhi K. Study of thermal performance of prefabricated large panel buildings // 2nd Croatian Conference on Earthquake Engineering – 2CroCEE. 2023. DOI: 10.5592/CO/2CroCEE.2023.63
13. Ицук М.К., Ицук Е.М., Айзятуллин Х.А., Черемных В.А. Дефекты наружных стен с лицевым слоем из пустотелого кирпича // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 4. С. 29–35. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.04.29-35. EDN YRWQXO.
14. Орлович Р.Б., Деркач В.Н., Зимин С.С. Повреждение каменного лицевого слоя в зоне сопряжения с железобетонными перекрытиями // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 8 (60). С. 30–37. DOI: 10.5862/MCE.60.4. EDN VBPVXD.
15. Coppola L., Beretta S., Bignozzi M.C., Bolzoni F., Brenna A., Cabrini M. The improvement of durability of reinforced concretes for sustainable structures: A review on different approaches // Materials. 2022. Vol. 15. Issue 8. P. 2728. DOI: 10.3390/ma15082728
16. Tamrazyan A.G., Minasyan A.A. The influence of depth of tensile concrete deterioration on the load bearing strength and deflections of corrosion-damaged floor slabs // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 251. P. 02012. DOI: 10.1051/mateconf/201825102012
17. Желдаков Д.Ю., Пономарев О.И., Минасян А.А., Турсуков С.А. Оценка долговечности кирпичных и каменных конструкций при проведении инженерных изысканий // Вестник НИЦ Строительство. 2023. № 1 (36). С. 27–40. DOI: 10.37538/2224-9494-2023-1(36)-27-40. EDN ZFIKOG.
18. Tamrazyan A.G., Koroteev D. Assessment of the durability of corrosion-damaged prefabricated reinforced concrete structures // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1687. Issue 1. P. 012009. DOI: 10.1088/1742-6596/1687/1/012009
19. Kramarchuk A., Ilnytskyy B., Kopiika N. Ensuring the load-bearing capacity of monolithic reinforced concrete slab damaged by cracks in the compressed zone // Lecture Notes in Civil Engineering. 2023. Pp. 217–229. DOI: 10.1007/978-3-031-14141-6\_21
20. Umnyakova N.P. Convective and radiant heat transfer on internal surfaces of the outer corner // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2022. № 3 (55). Pp. 55–65. DOI: 10.36622/VSTU.2022.55.3.005. EDN OPNNDX.
21. Сотникова О.А., Целярицкая М.И., Пащенко Ю.О. Анализ «мостиков холода» с целью выявления недостатков монолитного домостроения в г. Воронеже // Известия Юго-Западного государственного университета. 2022. Т. 26. № 3. С. 21–34. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-35. EDN HLPDRO.
22. Томаков В.И., Томаков М.В., Пахомова Е.Г., Андриенко В.В. Анализ причин обрушения опалубки монолитного домостроения в г. Воронеже // Известия Юго-Западного государственного университета. 2022. Т. 26. № 3. С. 21–34. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-35. EDN HLPDRO.

бочных систем в строящихся зданиях при устройстве монолитных перекрытий // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2018. Т. 8. № 4 (29). С. 79–92. EDN PNTULV.

23. Тихонов И.Н., Козелков М.М. Расчет и конструирование железобетонных монолитных перекрытий зданий с учетом защиты от прогрессирующего обрушения // Бетон и железобетон. 2009. № 3. С. 2–8. EDN XWGNV.

24. Умнякова Н.П., Егорова Т.С., Андрейцева К.С., Смирнов В.А., Лобанов В.А. Новое конструктивное решение сопряжения наружных стен с монолитными междуэтажными перекрытиями и балконными плитами // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 28–31. EDN QIOMMR.

25. Яров В.А., Коянкин А.А., Скрипальчиков К.В. Экспериментальные исследования участка монолитного перекрытия многоэтажного здания // Вестник МГСУ. 2009. № 3. С. 150–153. EDN KZFKIL.

26. Довженко О.А., Погребной В.В., Карабаш Л.В. Эффективные шпоночные соединения многопустотных плит перекрытий со стенами в современном крупнопанельном домостроении // Наука и техника. 2018. Т. 17. № 2. С. 146–156. DOI: 10.21122/2227-1031-2018-17-2-146-156. EDN YNQSHZ.

27. Белаиш Т.А., Кузнецов А.В. Теплотехнические качества монолитных жилых зданий // Жилищное строительство. 2009. № 9. С. 22–24. EDN KYLLUN.

28. Альхименко А.И., Снегирев А.И. Влияние температуры замыкания при возведении на напряжения в несущих конструкциях // Инженерно-

строительный журнал. 2008. № 2 (2). С. 8–16. EDN NBMYGX.

29. Ерофеев В.Т., Ельчищева Т.Ф., Левцев А.П., Митина Е.А., Лапин Е.С. Термическое сопротивление наружных ограждающих конструкций при переменном тепловом потоке // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 10. С. 4–13. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13. EDN ELAHVF.

30. Корнилов Т.А., Васильева А.Т. Тепловые потери через сопряжения трехслойных стен с железобетонными перекрытиями // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 8. С. 25–31. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.08.25-31. EDN GLQNGV.

31. Варламов А.А., Шишлонов Е.А., Ткач Е.Н., Шумилин М.С., Гончаров Д.В. Закономерности связи напряжений и деформаций в бетоне // Academy. 2016. № 2 (5). С. 7–16. EDN VLHZPZ.

32. Барабанщиков Ю.Г., Семенов К.В., Зумин С.С., Ватин Н.И., Борщева К.Д., Белкина Т.В. Трещиностойкость железобетонной стенки в условиях стесненной основой температурной деформации // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 8 (71). С. 51–62. DOI: 10.18720/CUBS.71.5. EDN UUXZXT.

33. Barabanshchikov Iu.G., Pham T.H. The influence of concrete composition on the ratio of strength to elastic modulus as a criterion of crack resistance // Construction of Unique Buildings and Structures. 2021. № 4 (97). P. 9704. DOI: 10.4123/CUBS.97.4. EDN EQZTMP.

34. Кузнецов А.В. Узлы сопряжения диска перекрытия с ограждающими стеновыми конструкциями в монолитном домостроении : дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2023. 206 с. EDN VFPDIC.

Поступила в редакцию 23 августа 2023 г.

Принята в доработанном виде 14 декабря 2023 г.

Одобрена для публикации 16 декабря 2023 г.

ОБ АВТОРАХ: Татьяна Александровна Белаиш — доктор технических наук, профессор кафедры строительных сооружений, конструкций и материалов; советник РААСН; Научно-исследовательский центр «Строительство» (НИЦ «Строительство»); 109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, д. 6; РИНЦ ID: 66498, Scopus: 7801647643, ResearcherID: B-7819-2018, ORCID: 0000-0002-4577-8794; belashta@mail.ru;

Анатолий Всеволодович Кузнецов — кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры строительных конструкций, зданий и сооружений; Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС); 191031, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 9; РИНЦ ID: 659654, Scopus: 57205441909, ResearcherID: HPH-1274-2023, ORCID: 0000-0002-3809-399X; anatolijs@vk.com.

Вклад авторов:

Белаиш Т.А. — научное руководство, обработка материала, доработка текста, итоговые выводы.

Кузнецов А.В. — сбор и обработка материалов, вычисления, написание исходного текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



## REFERENCES

1. Shembakov V.A. Technology of precast and cast-in-situ housing construction SMK in mass construction of Russia and country-members of Commonwealth of Independent States (CIS). *Housing Construction*. 2013; 3:26-29. EDN PXACBN. (rus.).
2. Volkova O.E., Sidorenko K.A. Monolithic housing construction in modern construction. *Proceedings of the Bratsk State University. Series: Natural and engineering sciences*. 2021; 1:146-149. EDN FTZGJH. (rus.).
3. Kamchybekov M.P., Murataliev N.M., Orozaliev K.Z., Sagymbekov U.S., Melisov K.M. To the question of monolithic building. *Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University*. 2019; 19(4):66-70. EDN BEUJYL. (rus.).
4. Zenin S., Sharipov R., Chistyakov E., Kudinov O. The development of the code of rules 'monolithic structural systems. Design rules'. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2020; 4(27):18-27. DOI: 10.37538/2224-9494-2020-4(27)-18-27. EDN FALHNM. (rus.).
5. Peshkov V.V., Beloborodov K.M. The development of energy-saving measures at the construction stage of monolithic multi-storey buildings. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2022; 11(767):106-114. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-767-11-106-114. EDN EFORBP. (rus.).
6. Kuznetsov A.V. *Interfacing nodes of the floor disk with enclosing wall structures in monolithic housing construction : dissertation abstract ... candidate of technical sciences*. St. Petersburg, 2023; 23. EDN GFCFW. (rus.).
7. Kuznetsov A.V., Demin A.M. Energy efficient design solution for the interface node between the floor slab and the wall. *International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021*. 2022; 799-807. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4\_87. EDN ERFOMA.
8. Kuznetsov A.V., Zimin S.S. Temperature stresses in the perforated overlap disc. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2022; 3(101):10103. DOI: 10.4123/CUBS.101.3. EDN MPKTH.
9. Sidorov V.N., Primkulov A.M. Semi-analytical solution to steady-state and transient heat transfer problem with variable conductivity properties of the domain. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2023; 18(5):685-696. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.5.685-696. EDN JWFKVJ. (rus.).
10. Lebedeva A.V., Tumakov S.A. The influence of temperature and climatic influences on the stress-strain state of reinforced concrete monolithic frame of the building. *Housing and communal infrastructure*. 2019; 4(11):9-14. EDN HQCCED. (rus.).
11. Sotnikova O.A., Tselyaritskaya M.I., Pashchenko Yu.O. Analysis of "cold bridges" in order to identify shortcomings of monolithic housing construction in Voronezh. *Proceedings of the Southwest State University*. 2022; 26(3):21-34. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-35. EDN HLPDRO. (rus.).
12. Guri M., Krosi F., Xhexhi K. Study of thermal performance of prefabricated large panel buildings. *2nd Croatian Conference on Earthquake Engineering – 2CroCEE*. 2023. DOI: 10.5592/CO/2CroCEE.2023.63
13. Ishchuk M.K., Ishchuk E.M., Aizyatullin Kh.A., Cheremnykh V.A. Defects of exterior walls with a facing layer of hollow brick. *Industrial and Civil Engineering*. 2022; 4:29-35. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.04.29-35. EDN YRWQXO. (rus.).
14. Orlovich R.B., Derkach V.N., Zimin S.S. The damage of a stone facing layer at the junction with reinforced concrete floors. *Magazine of Civil Engineering*. 2015; 8(60):30-37. DOI: 10.5862/MCE.60.4. EDN VBPVXD. (rus.).
15. Coppola L., Beretta S., Bignozzi M.C., Bolzoni F., Brenna A., Cabrini M. The improvement of durability of reinforced concretes for sustainable structures: A review on different approaches. *Materials*. 2022; 15(8):2728. DOI: 10.3390/ma15082728
16. Tamrazyan A.G., Minasyan A.A. The influence of depth of tensile concrete deterioration on the load bearing strength and deflections of corrosion-damaged floor slabs. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 251:02012. DOI: 10.1051/mateconf/201825102012
17. Zheldakov D.Yu., Ponomarev O.I., Minasyan A.A., Tursukov S.A. Durability assessment of brick and stone structures in engineering surveys. *Bulletin of NIC Construction*. 2023; 1(36):27-40. DOI: 10.37538/2224-9494-2023-1(36)-27-40. EDN ZFIKOG. (rus.).
18. Tamrazyan A.G., Koroteev D. Assessment of the durability of corrosion-damaged prefabricated reinforced concrete structures. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020; 1687(1):012009. DOI: 10.1088/1742-6596/1687/1/012009
19. Kramarchuk A., Ilynskyy B., Kopyika N. Ensuring the load-bearing capacity of monolithic reinforced concrete slab damaged by cracks in the compressed zone. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2023; 217-229. DOI: 10.1007/978-3-031-14141-6\_21
20. Umnyakova N.P. Convective and radiant heat transfer on internal surfaces of the outer corner. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*. 2022; 3(55):55-65. DOI: 10.36622/VSTU.2022.55.3.005. EDN OPNNDX.
21. Sotnikova O.A., Tselyaritskaya M.I., Pashchenko Yu.O. Analysis of "cold bridges" in order to identify shortcomings of monolithic housing construction in Voronezh. *Bulletin of the South-Western State University*. 2022; 26(3):21-34. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-35. EDN HLPDRO. (rus.).
22. Tomakov V.I., Tomakov M.V., Pahomova E.G., Andrienko V.V. Analysis of the causes of the collapse of formwork systems in buildings under construction



with monolithic slabs. *Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*. 2018; 8(4):(29):79-92. EDN PNTULV. (rus.).

23. Tikhonov I.N., Kozelkov M.M. Calculation and design of reinforced concrete monolithic ceilings of buildings taking into account protection against progressive collapse. *Concrete and Reinforced Concrete*. 2009; 3:2-8. EDN XWGNEV. (rus.).

24. Umnyakova N.P., Egorova T.S., Andreitseva K.S., Smirnov V.A., Lobanov V.A. New constructive solution for coupling external walls with monolithic interfloor ceilings and balcony slabs. *Construction Materials*. 2013; 6:28-31. EDN QIOMMR. (rus.).

25. Yarov V.A., Koyankin A.A., Skripalshchikov K.V. Experimental studies of the site of a monolithic overlap of a multi-storey building. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2009; 3:150-153. EDN KZFKIL. (rus.).

26. Dovzhenko O.A., Pohribnyi V.V., Karabash L.V. Effective keyed connections of hollow-core floor slabs with walls in modern large-panel house building. *Science and Technique*. 2018; 17(2):146-156. DOI: 10.21122/2227-1031-2018-17-2-146-156. EDN YNQSHZ. (rus.).

27. Belash T.A., Kuznetsov A.V. Thermal engineering qualities of monolithic residential buildings. *Housing Construction*. 2009; 9:22-24. EDN KYLLUN. (rus.).

28. Alkhimenko A.I., Snegirev A.I. Influence of closing temperature during erection on stresses in load-bearing structures. *Magazine of Civil Engineering*. 2008; 2(2):8-16. EDN NBMYGX. (rus.).

29. Erofeev V.T., Elchishcheva T.F., Levtshev A.P., Mitina E.A., Lapin E.S. Thermal resistance of external enclosing structures at variable heat flow. *Industrial and Civil Engineering*. 2022; 10:4-13. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13. EDN ELAHVF. (rus.).

30. Kornilov T.A., Vasilyeva A.T. Heat losses through the coupling of three-layer walls with reinforced concrete floors. *Industrial and Civil Engineering*. 2022; 8:25-31. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.08.25-31. EDN GLQNGV. (rus.).

31. Varlamov A.A., Shishlonov E.A., Tkach E.N., Shumilin M.S., Goncharov D.V. Patterns of the relationship between stresses and strains in concrete. *Academy*. 2016; 2(5):7-16. EDN VLHZPZ. (rus.).

32. Barabanshchikov Yu.G., Semenov K.S., Zimin Z.S., Vatin N.I., Borshcheva K.D., Belkina T.V. Crack-resistance of the reinforced concrete wall under conditions of temperature deformation constrained by the foundation. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2018; 8(71):51-62. DOI: 10.18720/CUBS.71.5. EDN UUXZXT. (rus.).

33. Barabanshchikov Iu.G., Pham T.H. The influence of concrete composition on the ratio of strength to elastic modulus as a criterion of crack resistance. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2021; 4(97):9704. DOI: 10.4123/CUBS.97.4. EDN EQZTMP.

34. Kuznetsov A.V. *Nodes of interfacing of a floor disk with enclosing wall structures in monolithic housing construction : dissertation ... candidate of Technical Sciences*. St. Petersburg, 2023; 206. EDN VFDPIC. (rus.).

Received August 23, 2023.

Adopted in revised form on December 14, 2023.

Approved for publication on December 16, 2023.

**B I O N O T E S:** **Tatyana A. Belash** — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Building Structures, Structures and Materials, advisor to the RAASN; **Research Center of Construction**; 6 2nd Institutskaya st., Moscow, 109428, Russian Federation; ID RSCI: 66498, Scopus: 7801647643, ResearcherID: B-7819-2018, ORCID: 0000-0002-4577-8794; belashta@mail.ru;

**Anatoly V. Kuznetsov** — Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the Department of Building Structures, Buildings and Structures; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)**; 9 Moskovsky pr., 191031, St. Petersburg, Russian Federation; ID RSCI: 659654, Scopus: 57205441909, ResearcherID: HPH-1274-2023, ORCID: 0000-0002-3809-399X; anatolijs@vk.com.

*Contribution of the authors:*

*Tatyana A. Belash — scientific guidance, processing of the material, revision of the text, final conclusions.*

*Anatoly V. Kuznetsov — collection of materials and their processing, calculations, writing the source text.*

*The authors declare no conflict of interest.*