А.Н. МАЛАХОВА¹, Д.А. МАРИНИНА¹¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

ПОДАТЛИВОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТЫКОВ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ НА ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЯХ

Аннотация. На основе анализа научной и нормативной литературы рассмотрены современные виды и конструктивные решения вертикальных стыков крупнопанельных зданий, приведены их основные достоинства и недостатки. Рассмотрены особенности определения податливости вертикальных стыков на закладных деталях как сложной, многофакторной зависимости от совокупности податливости конструктивных элементов стыка, а именно, податливости закладных деталей сопрягаемых стеновых панелей, податливости соединительных элементов и податливости сварных швов. Приведены примеры определения аналитическими методами податливости закладных деталей стеновых панелей и соединительных элементов (накладок) при действии сдвигающей силы, при различном конструктивном исполнении закладных деталей. Приведены и проанализированы результаты экспериментальных исследований податливости сварных соединений стыка на закладных деталях.

Ключевые слова: вертикальные стыки крупнопанельных зданий, податливость (величина, обратная жесткости) вертикальных стыков, податливость закладных деталей стеновых панелей.

A.N. MALAKHOVA¹, D.A. MARININA¹¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

THE COMPLIANCE OF VERTICAL JOINTS OF LARGE-PANEL BUILDINGS MADE ON EMBEDDED PARTS

Abstracts. Based on the analysis of scientific and normative literature, modern types and design solutions of vertical joints of large-panel buildings are considered, their main advantages and disadvantages are given. The features of determining the compliance of vertical joints on embedded parts as a complex, multi-factorial dependence on the combination of flexibility of the structural elements of the joint, namely, the flexibility of embedded parts of mating wall panels, the flexibility of connecting elements and the flexibility of welded joints, are considered. Examples of determining the compliance of embedded parts of wall panels and the compliance of the connecting elements (patch plates) by analytical methods under the action of a shear force, with various designs of embedded parts are given. The results of experimental investigations of the compliance of welded joints on the embedded parts are presented and analyzed.

Keywords: vertical joints of large-panel buildings, the compliance (inverse of stiffness) of vertical joints, the compliance of embedded parts of wall panels.

Введение

В последние годы наметился поворот жилищного строительства в сторону крупнопанельного домостроения. Современное проектирование крупнопанельных зданий, в отличие от их проектирования в 70...80 годы прошлого века, выполняется в условиях существенного увеличения этажности зданий и с применением численных методов расчета. Это требует доработки методики определения податливости стыков, которая должна учитывать современные конструктивные решения стыков, а также работу стыков в условиях сложного напряженного состояния, определение которого стало возможным при проведении численных расчетов крупнопанельных зданий. В статье обосновывается выбор конструктивного решения, рассматривается методика определения коэффициента податливости, приводятся результаты

экспериментальных исследований податливости сварных швов для вертикальных стыков на закладных деталях.

Обоснование выбора конструктивного решения вертикального стыка на закладных деталях

Для сопряжения сборных несущих элементов крупнопанельных зданий выполняются их горизонтальные и вертикальные стыки. Именно вертикальные стыки несущих стеновых панелей должны обеспечивать пространственную жесткость конструктивной системы крупнопанельных зданий, обладая при этом минимальной податливостью.

В соответствии с [1] вертикальные стыки крупнопанельных зданий рекомендуется проектировать: в виде свариваемых арматурных выпусков; на закладных деталях; в виде замоноличиваемых бетоном арматурных петлевых выпусков, соединяемых без сварки; в виде болтовых соединений. Таким образом, в вертикальных стыках предусматриваются металлические горизонтальные связи, которые могут быть дополнены шпоночными соединениями.

На рисунке 1 показаны вертикальные стыки стеновых панелей, выполняемые с использованием сварки.

Рисунок 1 - Конструктивные решения стыков стеновых панелей на сварке, выполняемых в виде свариваемых стальных арматурных выпусков (а), на закладных деталях (б):

1 – стеновые панели, 2 – арматурные выпуски из стеновых панелей, 3 – соединительный стержень на сварке, 4 – замоноличенный вертикальный стык между стеновыми панелями, 5 – закладные детали стеновых панелей, 6 – уголок, гнутый из металлической пластины

Основным конструктивным вариантом сварных связей для вертикальных стыков крупнопанельных зданий является сварка закладных деталей сборных железобетонных элементов с применением накладок. В качестве накладок могут быть использованы плоские металлические пластины толщиной 6-8 мм, профильные уголки и уголки, гнутые из металлических пластин.

С позиции технологии монтажа крупнопанельных зданий в настоящее время рациональным считается выполнение вертикальных стыков с соединительными элементами (накладками) в виде уголков, гнутых из металлических пластин (рисунок 1 б). Для таких накладок возможна коррекция их геометрии в построечных условиях, когда перпендикулярность сопряжения стеновых панелей здания обеспечивается с определенным допуском.

В [2] описывается опыт применения болтовых соединений в вертикальных стыках крупнопанельных зданий, который имел место в 70...80 годы прошлого века.

Для организации болтового соединения в закладных деталях сопрягаемых стеновых панелей должны присутствовать болты, к которым крепятся соединительные пластины-накладки. Из-за люфта в отверстиях пластин-накладок, необходимого для выполнения мон-

тажных работ, соединительные пластины-накладки включаются в работу стыка только после определенного деформирования бетона замоноличивания стыка.

Использование болтовых соединений для вертикальных стыков крупнопанельных зданий в те годы было рекомендовано при их возведении в суровых климатических условиях Крайнего Севера. В современных нормах [1] болтовое соединение также названо в числе рекомендуемых, но применение этого вида соединения продолжает оставаться весьма ограниченным.

На рисунке 2 а,б показаны вертикальные стыки в виде замоноличиваемых бетоном арматурных петлевых выпусков, соединяемых без сварки вертикальными стыковыми стержнями.

Кроме соединения петлевых выпусков вертикальными стыковыми стержнями (рисунок 2 а) в вертикальных стыках крупнопанельных зданий, построенных 70...80 годы прошлого века, петлевые выпуски могли сопрягаться с использованием накидных скоб. Такие стыки обладали большей податливостью, чем стыки со свариваемыми выпусками и в соответствии с [2] они применялись только для зданий высотой не более 12 этажей.

В то же время умеренная податливость стыков без сварки может становиться достоинством при использовании их для крупнопанельных зданий, строящихся в особых грунтовых условиях, при высокой сейсмичности территории строительства. Конструктивное решение стыка приведено на рисунке 2 б. В [2] этот стык отнесен к монолитным железобетонным связям, организация которых возможна при высоком и контролируемом классе бетона замоноличивания.

Рисунок 2 - Конструктивное решение стыков стеновых панелей, выполняемых в виде замоноличиваемых бетоном арматурных петлевых выпусков, соединяемых без сварки (а) монолитной железобетонной связью (б):
 1 – стеновые панели, 2 – регулярно расположенные петлевые выпуски,
 3 – вертикальные стыковые стержни, 4 – бетон замоноличивания стыка, 5 – шпонка

Одним из вариантов конструктивного решения вертикального стыка несущих элементов крупнопанельных зданий является использование связей в виде бессварных гибких стальных петель с одновременным устройством в стыке шпоночных соединений [3]. Однако нормами на проектирование крупнопанельных зданий [1] рекомендуется использовать такие стыки в зданиях высотой не более 50 м при условии обеспечения общей пространственной жесткости и устойчивости конструктивной системы здания, а также обеспечения восприятия действующих усилий в связях и несущих элементах.

Характеристиками стыков, в том числе вертикальных стыков крупнопанельных зданий, являются их прочность и податливость, которые могут быть определены при проведе-

нии экспериментальных исследований вертикальных стыков различного вида, а также путем выполнения аналитических расчетов.

В [4] приведены результаты экспериментальных исследований прочности при сдвиге и растяжении вертикальных стыков панелей, выполненных на основе использования стяжных замков ВТ (Германия), как современной альтернативы использованию сварных соединений.

В [5] приведены результаты аналогичных исследований традиционного вертикального стыка на закладных деталях, объединенных пластиной-накладкой с использованием сварных швов. Практическая значимость этих исследований состоит в количественной оценке прочности и степени деформирования стыков, а также связи между этими параметрами. Кроме того, в ходе экспериментальных исследований устанавливались особенности деформирования стыков при их нагружении.

Аналитические методы определения продольной силы в вертикальных стыках плоской диафрагмы крупнопанельных зданий приведены в [6]. Современной реальностью расчета крупнопанельных зданий является выполнение численных расчетов 3D-модели в нелинейной постановке. Стыки на закладных деталях в расчетной схеме крупнопанельного здания моделируются дискретными связями, для которых необходимо указать жесткость (величину обратную податливости) в направлениях глобальных осей, принятых в расчетном комплексе.

Таким образом, для учета адекватного влияния податливости стыков на работу конструктивных элементов сборных многоэтажных зданий необходимо ее определять с учетом конструктивного решения стыка и с учетом его последующей работы в сложном напряженном состоянии [7].

В некоторых исследованиях приводится оценка влияния отдельных конструктивных параметров стыка на надежность соединения, по которой можно прогнозировать вероятность сохранения в ходе эксплуатации здания величины податливости стыков, назначенной при выполнении численных расчетов конструктивной системы крупнопанельных зданий [8,9,10,11].

Кроме того, в [12, 13, 14] показано, что податливость стыка складывается из податливости элементов, составляющих стык. Так податливость вертикальных стыков стеновых панелей на закладных деталях определяется податливостью конструктивных элементов стыка, а именно, податливостью закладных деталей сопрягаемых стеновых панелей, податливостью соединительных элементов и податливостью сварных швов.

В настоящее время конструктивное решение вертикальных стыков на закладных деталях широко применяется при проектировании крупнопанельных зданий благодаря следующим своим преимуществам: стык обладает необходимой жесткостью для придания устойчивости несущим элементам здания при монтаже, обеспечивает малую деформативность стыков при эксплуатации здания, позволяет получать простыми средствами надежное сопряжение конструкций в любое время года; жесткость сварного соединения позволяет ограничиться двумя связями в пределах этажа здания [2].

К недостаткам стыка на закладных деталях, наряду с его значительной металлоемкостью, можно отнести трудоемкость сварочных работ. В [15] подсчитано, что трудоемкость сварочных работ составляет около 20% от трудоемкости возведения надземной части современного крупнопанельного здания.

Методика определения коэффициента податливости стыка на закладных деталях

Как указано выше, податливость стыка складывается из податливости элементов, составляющих стык, то есть она является сложной, многофакторной зависимостью. Так, податливость закладных деталей сопрягаемых стеновых панелей связана с податливостью анкерных стержней закладных деталей [16]. Она зависит от расположения стержней относительно

направления сдвига закладной детали, модуля деформации бетона стеновой панели E_b , диаметра анкерных стержней d_s , а также числа n_s анкерных стержней в закладной детали.

Следует отметить, что при сдвиге закладной детали и определении податливости все ее анкерные стержни работают параллельно. Тогда при классе бетона В20 ($E_b=27500$ Н/мм²) и расположении анкерных стержней $d_s=10$ мм перпендикулярно направлению сдвига податливость одного анкера закладной детали определяется по формуле:

$$\lambda_{\tau 1} = \frac{6}{d_s \cdot E_b} = \frac{6}{10 \cdot 27500} = 2,18 \cdot 10^{-5} \frac{\text{мм}}{\text{Н}},$$

а при расположении стержней вдоль направления сдвига податливость одного анкера закладной определяется по формуле:

$$\lambda_{\tau 2} = \frac{1,5}{d_s \cdot E_b} = \frac{1,5}{10 \cdot 27500} = 0,545 \cdot 10^{-5} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}.$$

При наличии в закладной детали двух анкеров, расположенных перпендикулярно, и двух анкеров, расположенных параллельно направлению сдвига, податливость одной закладной детали составляет:

$$\lambda_{\tau, 1+2} = \frac{1}{\frac{2}{\lambda_{\tau 1}} + \frac{2}{\lambda_{\tau 2}}} = \frac{1}{\frac{2}{2,18 \cdot 10^{-5}} + \frac{2}{0,545 \cdot 10^{-5}}} = \frac{1}{(0,917 + 3,67) \cdot 10^5} = 0,218 \cdot 10^{-5} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}.$$

Суммарная податливость двух одинаковых закладных деталей, соединяемых накладкой, определяется с учетом их параллельной работы:

$$\lambda_{\tau, \text{закл.}} = \frac{1}{\frac{2}{0,218 \cdot 10^{-5}}} = \frac{1}{9,17 \cdot 10^5} = 1,09 \cdot 10^{-6} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}.$$

Податливость соединительного элемента (накладки) вертикального стыка на закладных деталях при действии сдвигающего усилия определяется в зависимости от расстояния между сварными швами накладки $b=40$ мм, площади расчетного сечения $A = l \cdot t = 150 \cdot 8 = 1200$ мм², с учетом значения модуля сдвига $G = 0,4 E$ и определяется по формуле:

$$\lambda_{\tau, \text{накл.}} = \frac{b}{G \cdot A} = \frac{40}{0,4 \cdot 200000 \cdot 1200} = \frac{40}{9,6 \cdot 10^7} = 4,16 \cdot 10^{-7} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}$$

Податливость стыка на закладных деталях при действии сдвигающего усилия с учетом параллельной работы элементов стыка составит:

$$\lambda_{\tau, 1+2} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_{\tau, \text{закл.}}} + \frac{1}{\lambda_{\tau, \text{накл.}}}} = \frac{1}{\frac{1}{1,09 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{0,416 \cdot 10^{-6}}} = \frac{1}{(0,917 + 2,4) \cdot 10^6} = 0,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}.$$

Следует отметить, что соединительные элементы вертикального стыка могут испытывать действие сдвигающих усилий в направлении остальных глобальных осей, а также действие изгибающего момента и продольной силы в направлении всех глобальных осей.

Экспериментальные исследования податливости сварных швов накладки

Обширные исследования сварных швов традиционно выполняются для металлических конструкций [17, 18].

Между тем, прочностные и деформативные характеристики сварного стыка на закладных деталях имеют свои особенности. Вполне определенная конфигурация сварного шва; характер распределение деформаций по длине сварного шва, связанный с его напря-

женным состоянием; возможные дефекты сварных швов, выполняемые в построечных условиях; различное соотношение податливости закладных деталей и соединительного элемента стыка могут определять характер деформирования и разрушения конструктивных элементов вертикального стыка. Так, может иметь место разрушение по накладке или по сварному шву.

Рисунок 3- Общий вид сварного шва сопряжения полки гнутого уголка с закладной деталью:
1 — накладка (гнутой уголок), 2 — закладная деталь, 3 — сварной шов

На рисунке 3 представлен общий вид нахлесточного П-образного сварного шва сопряжения закладной детали с полкой гнутого уголка (накладки) в стыке на закладных деталях. Соединение накладки с закладными деталями выполнено с помощью электродуговой сварки.

Следует отметить, что напряженно-деформированное состояние накладки на участке зазора между стеновыми панелями, на котором отсутствуют сварные швы, отличается от напряженно-деформированного состояния участков накладки в местах ее приварки к закладным деталям. Поскольку степень участия сварных швов в общей податливости системы «накладка–сварные швы» носит достаточно сложный характер, обычно оценивается общая податливость всей этой системы.

Разрушение стыка на закладных деталях, соединенных накладкой с использованием сварки, может быть как по накладке, так и по сварному шву. Вероятность разрушения стыка на закладных деталях по сварному шву уменьшается при соблюдении требований к технологии его выполнения и при наличии контроля качества сварки.

При выполнении экспериментальных исследований податливости сварных швов накладки выполнялся макроанализ качества опытных образцов сварных швов и их ультразвуковой анализ. Также проводились испытания опытных образцов сварных швов на растяжение и изгиб с последующей оценкой напряженно-деформированного состояния сварных швов по результатам проведенных исследований, с учетом их податливости по длине сварного шва и в местах стыков.

Макроанализ структуры сварных швов не выявил значительных дефектов, что говорит о хорошем качестве швов. Последующие испытания стандартных образцов сваренных стальных пластин показали их пластическое разрушение по металлу пластины без признаков разрушения сварных швов. Таким образом, податливость стандартных образцов сваренных стальных пластин определялась податливостью пластины.

При ультразвуковом анализе было выявлено, что поперечные напряжения по длине сварных швов распределены неравномерно. Срединная часть испытывает напряжения растяжения, а концевые участки - напряжения сжатия.

На рисунке 4 а,б представлены результаты исследования макроструктуры сварных швов. Характер разрушения стандартных образцов сваренных стальных пластин показан на рисунке 4 в.

Результаты экспериментальных исследований вертикального стыка на закладных деталях при работе его на сдвиг приведены в [5] в виде диаграммы деформирования $Q - \Delta$ (сдвигающая сила – перемещение). Описан характер деформирования: до 7...9 ступени

нагружения, что соответствует 70...90% от разрушающей нагрузки, развиваются упругие и упругопластические деформации, затем на следующих ступенях нагружения в условиях развития пластических деформаций начинает трескаться сварной шов, затем приваренная к закладной детали накладка заметно перекашивается и начинает рваться.

Рисунок 4 - Результаты исследования макроструктуры сварных швов
(а – разрез сварного шва, б – внешняя поверхность сварного шва) и в – характер разрушения стандартных образцов сваренных стальных пластин

Анализ результатов экспериментальных исследований, приведенных в [5] показывает, что все конструктивные элементы вертикального стыка на закладных деталях участвуют в работе стыка и его разрушению предшествует проявление пластических деформаций, которые характерны прежде всего при пластическом деформировании накладки стыка.

О возможности пластического деформирования накладки стыка, а также о несопоставимо малом деформировании качественно выполненного сварного шва можно судить по результатам разрушения стандартных образцов сваренных стальных пластин (рисунок 4 в). Следует также отметить, что при конструировании вертикального стыка на закладных деталях важным моментом является обеспечение гармоничного соотношения податливости закладных деталей и податливости соединительной накладки стыка, которое влияет на общую податливость стыка, его деформирование и разрушение при нагружении.

Выводы

Проведенный анализ научной и нормативно-технической литературы позволил обосновать выбор вертикального стыка на закладных деталях как основного из перечня рекомендуемых в нормах по проектированию крупнопанельных зданий [1].

Разрушение стыка на закладных деталях, соединенных накладкой с использованием сварки, может происходить как по накладке, так и по сварному шву. Вероятность разрушения стыка на закладных деталях по сварному шву уменьшается при соблюдении требований к технологии его выполнения и при наличии контроля качества сварки. При экспериментальных исследованиях сварных швов соединительной накладки выполнялся макроанализ качества опытных образцов сварных швов и их ультразвуковой анализ. Также проводились испытания опытных образцов сварных швов на растяжение и изгиб, которые показали пластическое деформирование накладки стыка, а также несопоставимо малое деформирование качественно выполненного сварного шва.

При проектировании вертикальных стыков на закладных деталях предложено варьировать величину податливости закладных деталей и величину податливости соединительной накладки стыка путем изменения конструктивных параметров элементов стыка. Эти податливости могут быть определены по приведенной в статье методике. Соотношение податливости закладных деталей и податливости соединительной накладки определяет характер деформирования и разрушения стыка под нагрузкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 335.1325800.2017. Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования.
2. Маклакова Т.Г. Конструирование крупнопанельных зданий. М.: Стройиздат, 1975. 159 с.
3. Экспериментальные исследования вертикальных шпоночных стыков железобетонных стеновых панелей с петлевыми гибкими связями / А.А. Карякин, С.А. Сонин, И.С. Дербенцев, И.А. Бельдейко // Вестник ЮУрГУ. 2011. №35. С.16-20.
4. Грановский А.В., Доттуев А.И., Блажко В.П. Экспериментальные исследования прочности при сдвиге и растяжении вертикальных стыков панелей с использованием связей из стальных замков ВТ-Spannschloss // ПГС. 2014. №1. С.17-20.
5. Люблинский В.А., Томина М.В. Экспериментальное исследование прочности и податливости вертикального сварного стыка // Системы. Методы. Технологии. 2018. №3 (39). С. 154-158.
6. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып.3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85). М.: Стройиздат, 1989. 304 с.
7. Трекин Н.Н., Быбка А.В., Ямалов А.В. Оценка влияния податливости сборных дисков перекрытий на работу каркаса многоэтажного здания // Научное обозрение. 2017. № 13. с. 23-26.
8. Тамразян А.Г., Федорова Н.В., Дехтерев Д.С. Оценка весомости конструкционных параметров платформенного стыка панельных зданий на надежность соединения по методу линеаризации // Технология текстильной промышленности. 2018. №1 (373). С. 155-161.
9. Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С. Оценка влияния конструкционных параметров на надежность платформенного стыка панельных зданий по методу статистического моделирования // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 5-10.
10. Тамразян А.Г. Оценка риска и надежности несущих конструкций и ключевых элементов - необходимое условие безопасности зданий и сооружений // Вестник ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко "Исследования по теории сооружений". 2009. № 1. С. 160-171.
11. Тамразян А.Г. Особенности работы высотных зданий // Жилищное строительство. 2004. №3. С.19-20.
12. Проектирование и расчет многоэтажных гражданских зданий и их элементов / П.Ф. Дроздов, М.И. Додонов, Л.Л. Панышин, Р.Л. Саруханян. М.: Стройиздат, 1986. 351с.
13. Malakhova A.N., Davletbaeva D.A The consideration of compliance of structural joints in calculation of large panel buildings // XXII International Scientific Conference "Construction the Formation of Living Environment" (FORM-2019), Tashkent, Uzbekistan. E3S Web of Conferences, Volume 9, 2019.
14. Malakhova A.N., Davletbaeva D.A. The consideration of compliance of structural joints in the numerical calculation of large-panel buildings // Journal of Physics: Conference Series, Modelling and Methods of Structural Analysis. 13–15 November 2019, Moscow, Russian Federation, Volume 1425, December 2019.
15. Колчеданцев Л.М., Щербаков С.В. Трудоемкость сварочных работ в панельном домостроении // Жилищное строительство. 2017. №3. С. 22-24.
16. Характеристики жесткости стен, элементов и соединений крупнопанельных зданий: пособие по расчету крупнопанельных зданий. Вып.1. М., Стройиздат, 1974. 40 с.
17. Николаев Г.А. Сварные конструкции. М.: Машгиз, 1962. 552 с.
18. Якушин Б.Ф., Бакуло А.В. О механизме формирования структуры металла шва при импульсно-дуговой сварке // Сварочное производство. 2017. №9. С. 29-35.

REFERENCES

1. SP 335.1325800.2017. Krupnopanelye konstruktivnye sistemy. Pravila proektirovaniya.
2. Maklakova T.G. Konstruirovaniye krupnopanelynykh zdaniy. M.: Stroyizdat, 1975. 159 s.
3. Eksperimental'nye issledovaniya vertikal'nykh shponochnykh stykov zhelezobetonnykh steno-vykh paneley s petlevymi gibkimi svyaziyami / A.A. Karyakin, S.A. Sonin, I.S. Derbentsev, I.A. Bel'deyko // Vestnik YUUrGU. 2011. №35. S.16-20.

4. Granovskiy A.V., Dottuev A.I., Blazhko V.P. Eksperimental'nye issledovaniya prochnosti pri sdvige i rastyazhenii vertikal'nykh stykov paneley s ispol'zovaniem svyazey iz styazhnykh zamkov BT-Spannschloss // PGS. 2014. №1. S.17-20.
5. Lyublinskiy V.A, Tomina M.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti i podatlivosti vertikal'nogo svarnogo styka // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2018. №3 (39). S. 154-158.
6. Posobie po proektirovaniyu zhilykh zdaniy. Vyp.3. Konstruktsii zhilykh zdaniy (k SNiP 2.08.01-85). M.: Stroyizdat, 1989. 304 s.
7. Trekin N.N., Bybka A.V., YAmalov A.V. Otsenka vliyaniya podatlivosti sbornykh diskov pere-krytiy na rabotu karkasa mnogoetazhnogo zdaniya // Nauchnoe obozrenie. 2017. № 13. s. 23-26.
8. Tamrazyan A.G., Fedorova N.V., Dekhterev D.S. Otsenka vesomosti konstruktsionnykh parametrov plat-formennogo styka panel'nykh zdaniy na nadezhnost' soedineniya po metodu linearizatsii // Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. 2018. №1 (373). S. 155-161.
9. Tamrazyan A.G., Dekhterev D.S. Otsenka vliyaniya konstruktsionnykh parametrov na nadezhnost' plat-formennogo styka panel'nykh zdaniy po metodu statisticheskogo modelirovaniya // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2016. № 7. S. 5-10.
10. Tamrazyan A.G. Otsenka riska i nadezhnosti nesushchikh konstruktsiy i klyuchevykh elementov - ne-obkhodimoe uslovie bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy // Vestnik TSNIISK im. V.A. Kucherenko "Issledovaniya po teorii sooruzheniy". 2009. № 1. S. 160-171.
11. Tamrazyan A.G. Osobennosti raboty vysotnykh zdaniy // ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2004. №3. S.19-20.
12. Proektirovanie i raschet mnogoetazhnykh grazhdanskikh zdaniy i ikh elementov / P.F. Drozdov, M.I. Dodonov, L.L. Pan'shin, R.L. Sarukhanyan. M.: Stroyizdat, 1986. 351s.
13. Malakhova A.N., Davletbaeva D.A. The consideration of compliance of structural joints in calculation of large panel buildings // XXII International Scientific Conference "Construction the Formation of Living Environ-ment" (FORM-2019), Tashkent, Uzbekistan. E3S Web of Conferences, Volume 9, 2019.
14. Malakhova A.N., Davletbaeva D.A. The consideration of compliance of structural joints in the numerical calculation of large-panel buildings // Journal of Physics: Conference Series, Modelling and Methods of Structural Analysis. 13-15 November 2019, Moscow, Russian Federation, Volume 1425, December 2019.
15. Kolchedantsev L.M., Shcherbakov S.V. Trudoemkost' svarochnykh rabot v panel'nom domostroenii // ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2017. №3. S. 22-24.
16. Harakteristiki zhestkosti sten, elementov i soedineniy krupnopanel'nykh zdaniy: posobie po raschetu krupnopanel'nykh zdaniy. Vyp.1. M., Stroyizdat, 1974. 40 s.
17. Nikolaev G.A. Svarnye konstruktsii. M.: Mashgiz, 1962. 552 s.
18. YAkushin B.F., Bakulo A.V. O mekhanizme formirovaniya struktury metalla shva pri impul'sno-dugovoy svarke // Svarochnoe proizvodstvo. 2017. №9. S. 29-35.

Информация об авторах

Малахова Анна Николаевна

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: gbk@mgsu.ru

Маринина Дарья Александровна

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, аспирант кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: gbk@mgsu.ru

Information about authors

Malakhova Anna N.

The National Research University Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department GBK (dep. of civil and industrial engineering).

E-mail: gbk@mgsu.ru

Marinina Daria A.

The National Research University Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, engineer, postgraduate of the Department GBK (dep. of civil and industrial engineering).

E-mail: gbk@mgsu.ru