

УДК 69.01

DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-94-104

А.А. КОЯНКИН<sup>1</sup>, В.М. МИТАСОВ<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет,  
<sup>2</sup>Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный университет

## КОНТАКТНЫЙ ШОВ СОПРЯЖЕНИЯ БЕТОНОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА И ВИДА

В сборно-монолитных конструкциях особое место отводится качеству выполнения и конструктивной надёжности контактного шва сопряжения сборного и монолитного бетона, как элементу, наиболее ответственному за обеспечение совместного деформирования разновозрастных бетонов, а нередко и бетонов разных видов и прочности. С целью изучения влияния вида шва сопряжения на его несущую способность при восприятии сдвигающих усилий авторами проведены экспериментальные исследования.

Для выполнения исследований был использован специально изготовленный горизонтальный стенд, а также типовой вертикальный пресс, которые обеспечивали создание сдвигающего усилия в образцах по контактному шву сопряжения (лёгкий монолитный и тяжёлый сборный бетоны). В процессе проведения исследований рассматривались следующие варианты устройства шва: гладкая поверхность, где за счёт сил адгезии и трения обеспечивалось сопряжение бетонов; шов сопряжения, выполняемый с использованием поперечной арматуры.

В результате проведённой работы были определены конструктивные особенности характера исчерпания несущей способности контактного шва сопряжения бетонов разного возраста, вида и прочности в сборно-монолитной конструкции при сдвиге в зависимости от вида контактного шва. Проведён сопоставительный анализ полученных при экспериментальных исследованиях результатов с данными нормативных документов. Выявлено положительное влияние на несущую способность контактного шва наличия поперечной арматуры.

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции; сборно-монолитные конструкции; лёгкий бетон; сопряжение монолитного и сборного бетонов; поперечная арматура; сопротивление на сдвиг.

**Для цитирования:** Коянкин А.А., Митасов В.М. Контактный шов сопряжения бетонов разного возраста и вида // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. Т. 22. № 6. С. 94–104.  
DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-94-104

А.А. KOYANKIN<sup>1</sup>, V.M. MITASOV<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Siberian Federal University,  
<sup>2</sup>Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering

## JOINTS IN CONCRETES OF DIFFERENT AGE AND TYPE

The performance and structural reliability of concrete-to-concrete joints play an important role in precast-cast-in-place constructions, since they are responsible for deformation of concretes of different age, type and strength. The paper studies the effect of the joint type on its bearing capacity under shear loads.

A horizontal test bench and a standard vertical press are used in the experiment to provide the shear load along the concrete-to-concrete joint (light cast-situ and heavy precast concretes). The following joint installing is considered: a smooth surface, which provides the concrete joint due to the adhesive and friction forces, and the joint provided by transverse reinforcement.

Design features are identified for the joint bearing capacity exhaustion in concretes of different age, type and strength in precast-cast-in-place constructions under shear, depending on the joint type. A comparative analysis is given to the results obtained. It is shown that the transverse reinforcement has a positive effect on the bearing capacity of the concrete-to-concrete joints.

**Keywords:** reinforced concrete structures; precast-cast-in-place constructions; light concrete; light cast-situ and heavy precast concretes; transverse reinforcement; shear resistance.

**For citation:** Koyankin A.A., Mitasov V.M. Kontaknyi shov sopryazheniya betonov raznogo vozrasta i vida [Joints in concretes of different age and type]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2020. V. 22. No. 6. Pp. 94–104.

DOI: 10.31675/1607-1859-2020-22-6-94-104

### Введение

Рост популярности сборно-монолитного домостроения объясняется конструктивной гибкостью данной строительной системы, выражающейся в достаточно удачных возможностях сочетания положительных моментов отдельно сборного и монолитного вида строительства с минимизацией их минусов. Отечественные и зарубежные учёные проводят различные исследования по изучению конструктивных особенностей сборно-монолитных зданий и сооружений, причём как отдельных их конструктивных узлов и элементов [1, 2, 5, 8, 9, 10–12, 19], так и зданий (фрагментов зданий) в целом [6, 7, 13, 14–19].

Авторами статьи, на основании ранее проведённых собственных исследований особенностей процесса деформирования сборно-монолитных конструкций [3, 4, 18], а также изучения опыта данного вида строительства, было сделано заключение о том, что относительно мало исследований посвящено совместному деформированию сборного тяжёлого и монолитного лёгкого бетона.

В итоге была определена следующая цель экспериментальных исследований – выявление особенностей процесса деформирования контактного шва сборного тяжёлого и монолитного лёгкого бетона, армированного поперечной арматурой.

### Методы

Проведение экспериментальных исследований осуществлялось на моделях, выполняемых в 2 этапа:

1. Изготовление в заводских условиях сборных частей из тяжёлого бетона В25 размером  $300 \times 100 \times 70$  (h).

2. Добетонирование лёгким бетоном (керамзитобетон В12,5) до финальных размеров  $300 \times 100 \times 140$  (h) мм.

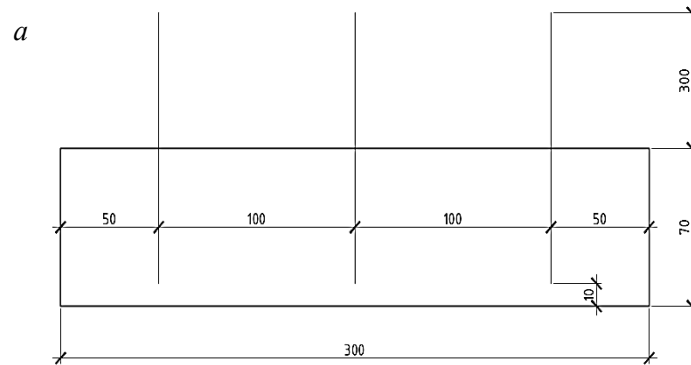
3. По конструктивному исполнению контактного шва сопряжения сборного и монолитного бетонов опытные модели делились на 4 серии по 5 шт. одинаковых образцов в каждой серии (рис. 1):

P1 – гладкая поверхность сопряжения;

P4 – поверхность сопряжения с 2 рядами арматурных стержней ( $\varnothing$  6A240), что соответствует шагу 150 мм;

P5 – поверхность сопряжения с 3 рядами арматурных стержней ( $\text{Ø } 6\text{A}240$ ), что соответствует шагу 100 мм;

P6 – поверхность сопряжения с 5 рядами арматурных стержней ( $\text{Ø } 6\text{A}240$ ), что соответствует шагу 50 мм.



*б*



*в*



Рис. 1. Экспериментальные образцы (окончание см. на с. 97):

*a* – схема сборной части образцов серии P5; *б* – общий вид сборных частей образцов серий P1 и P4; *в* – общий вид сборных частей образцов серий P6



Рис. 1. Экспериментальные образцы (начало см. на с. 96):  
г – общий вид готовых образцов

Образцы серий Р1 и Р4 испытывались на горизонтальном стенде (максимальное усилие на сдвиг – 150 кН, рис. 2, а, б), в котором сборная часть упиралась в жёсткий упор, а горизонтальное усилие передавалось домкратом на монолитную секцию.

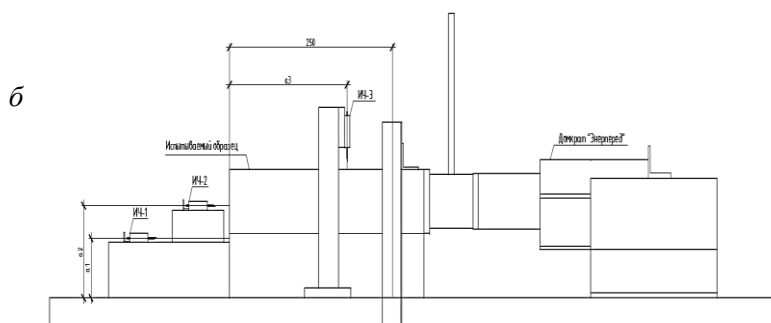


Рис. 2. Экспериментальные исследования (окончание см. на с. 98):  
а – фото горизонтальной экспериментальной установки; б – схема горизонтальной экспериментальной установки

в



Рис. 2. Экспериментальные исследования (начало см. на с. 97):  
в – фото силового вертикального пресса

Деформации и смещения фиксировались посредством горизонтально и вертикально расположенных индикаторов часового типа ИЧ-10. Для исследования образцов серий Р5 и Р6 применялся вертикальный пресс (рис. 2, в).

#### Результаты исследований

Проведённые экспериментальные исследования показали в образцах серии Р1 единообразную картину разрушения, выражающуюся в виде внезапно сдвига по гладкому шву контакта секции монолитного бетона относительно сборного (рис. 3). При этом сохранилась конструктивная целостность отдельных секций образцов (скалывание небольших локальных участков бетона в расчёт не принимается). Несмотря на единообразие картины разрушения, диапазон разброса предельных разрушающих усилий в образцах серии Р1 оказался существенным. В частности, при среднем значении разрушающего усилия 45,3 кН диапазон отклонения отдельных образцов от среднего значения составлял от –34,9 до 41,3 % (29,5–64,0 кН).

В итоге на основании проведённых исследований можно чётко констатировать, что разрушение гладкого контактного шва сопряжения разновозрастных бетонов происходит из-за превышения сил сдвига над силами адгезии и трения. При этом наблюдается достаточно нестабильная картина в точности прогнозируемого результата, что недопустимо при конструировании сборно-монолитных конструкций.

Расчёты несущей способности гладкого контактного шва, выполненные согласно СП 337.1325800.2017 «Конструкции железобетонные сборно-монолитные», определили несущую способность шва сопряжения образца серии Р1 в 30 кН.

В образцах серии Р4 (шаг поперечной арматуры 150 мм) наблюдается некая балансировка между несущей способностью контактного шва на сдвиг и прочностью материалов (сборного и монолитного бетонов) на сжатие, т. е. фиксируется исчерпание несущей способности как в результате сдвига по гладкой части шва сопряжения, так и частичное разрушение монолитного бетона (рис. 4).

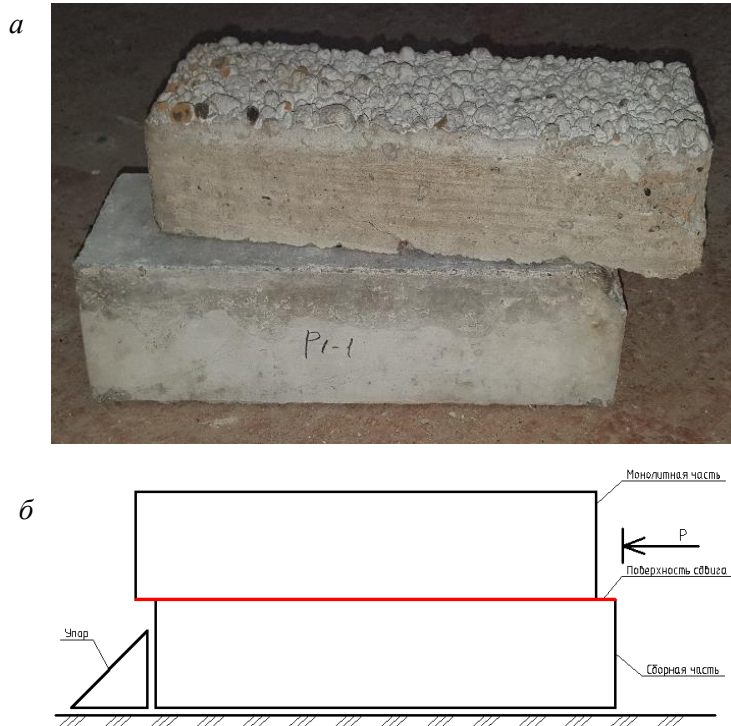


Рис. 3. Разрушение образцов серии P1:  
а – фото; б – схема

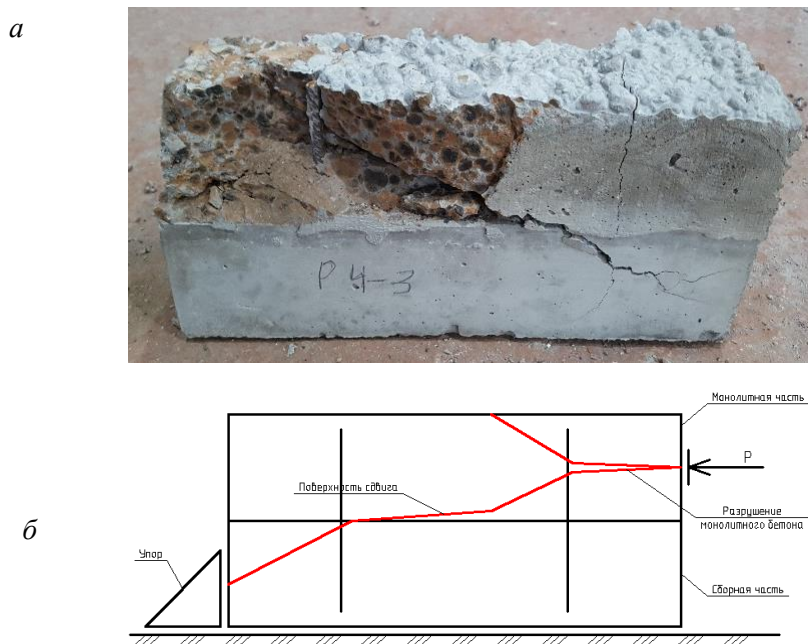


Рис. 4. Разрушение образцов серии P4:  
а – фото; б – схема



Значение средней разрушающей нагрузки в образцах серии Р4 оказалось в 2 раза выше, чем в случае с гладким контактным швом, и составило 95,0 кН. При этом увеличилась и «плотность» результатов – диапазон разброса отдельных значений от среднего составил от –14,5 до 8,8 % (81,2 –103,4 кН), что указывает на достаточно высокую степень стабильности результата.

Более частый шаг расположения поперечной арматуры (образцы серий Р5 и Р6) обеспечил превышение несущей способности контактного шва над прочностью монолитного лёгкого бетона. В частности, в обеих сериях разрушение произошло в результате достижения предела прочности на сжатие в монолитном лёгком бетоне (менее прочном) при полном отсутствии признаков разрушения по сдвигу шва (рис. 5) и сборной секции образцов (не принимаются во внимание локальные сколы).



Рис. 5. Разрушение образцов серий Р5 и Р6 (окончание см. на с. 101):  
а – фото Р5; б – фото Р6

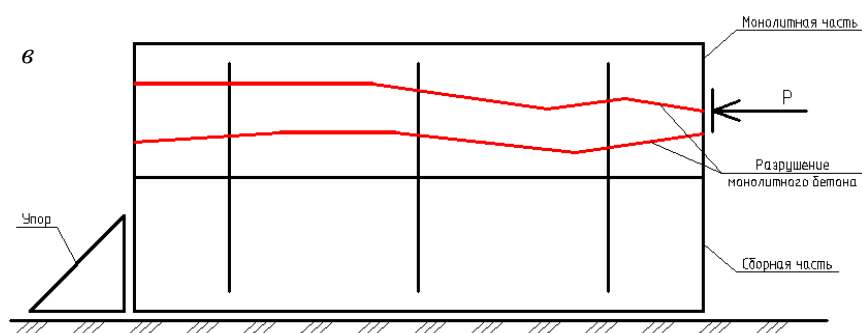


Рис. 5. Разрушение образцов серий Р5 и Р6 (начало см. на с. 100)  
в – схема разрушения

Средние значения предельного усилия в образцах серии Р5 составили 124,6 кН, а образцах серии Р6 – 166,1 кН. Большое значение разрушающего усилия в образцах серии Р6 объясняется более эффективным влиянием поперечной арматуры в качестве косвенного армирования.

Отметим, что в результате проведённых исследований наблюдалось только небольшое отклонение арматурных поперечных стержней без каких-либо заметных разрушений (разрыва, среза и т. д.).

Расчёты, проведённые согласно СП 337.1325800.2017 «Конструкции железобетонные сборно-монолитные», в образцах с арматурой показали максимальное расчётное усилие не более 60 кН, т. к. в данных нормах присутствует конструктивное ограничение в виде не превышения двукратной несущей способности на сдвиг по гладкому шву, что не позволяет полноценно оценить несущую способность армированного контактного шва. Игнорирование этого требования также недооценивает несущую способность (для образцов серии Р4 предельное усилие на сдвиг составляет 57,1 кН, для Р5 – 40,7 кН, для Р6 – 67,8 кН).

Полученные результаты подтверждают данные в работах [1–3], где в изгибаемых сборно-монолитных конструкциях (ригелях), армированных поперечной арматурой, в процессе проведения экспериментальных исследований также не было зафиксировано деформаций сдвига по контактному шву сопряжения разновозрастных бетонов.

### Заключение

Проведённые экспериментальные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Обеспечение несущей способности на сдвиг контактного шва сопряжения монолитного лёгкого и сборного тяжёлого бетонов только лишь за счёт сил трения и адгезии (гладкая поверхность) является недостаточно эффективным (разрушение наступает в результате взаимного сдвига секций). Причём, кроме слабой сопротивляемости сдвигу, ещё отмечается и недостаточная обеспеченность точности результатов.

2. Эффективным и вместе с тем малозатратным способом обеспечения совместного деформирования смежных бетонов по шву сопряжения является применение поперечной арматуры.



3. По мере увеличения количества поперечной арматуры повышается несущая способность контактного шва на сдвиг. Причём в образцах серий Р5 и Р6 несущая способность на сдвиг превысила предел прочности монолитного лёгкого бетона на сжатие.

4. Введение поперечной арматуры косвенным образом повышает прочность бетона на сжатие, что подтверждают результаты испытаний образцов серий Р4–Р6.

5. Методики расчёта, приведённые в нормативных документах, требуют уточнения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Поветкин М.С.* Напряжённо-деформированное состояние усиленных под нагрузкой железобетонных изгибаемых преднапряжённых элементов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.23.01 / Поветкин Максим Сергеевич. Курск, 2009. 187 с.
2. *Никоноров Р.М.* Совместная сопротивляемость, деформативность железобетонных элементов перекрытия сборно-монолитных каркасов с плоскими плитами и скрытыми ригелями : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.23.01 / Никоноров Руслан Михайлович. Москва, 2008. 219 с.
3. *Коянкин А.А., Митасов В.М.* Испытания сборно-монолитного перекрытия на строящемся жилом доме // Бетон и железобетон. 2016. № 3. С. 20–22.
4. *Коянкин А.А., Митасов В.М.* Некоторые результаты натурных испытаний фрагмента каркасного здания в сборно-монолитном исполнении // Бетон и железобетон. 2015. № 5. С. 18–20.
5. *Мордич А.И., Галкин С.Л.* Результаты испытания сборно-монолитного перекрытия каркасного здания вертикальной нагрузкой // Строительная наука и техника. 2011. № 3. С. 33–42.
6. *Семченков А.С., Хавкин А.К., Соколов Б.С.* Испытание натурального фрагмента каркаса «РАДИУСС» с применением круглопустотных плит // Бетон и железобетон. 2008. № 6. С. 2–5.
7. *Семченков А.С.* Испытание натурального фрагмента каркаса «РАДИУСС НПУ» с плитами сплошного сечения // Бетон и железобетон. 2009. № 1. С. 2–5.
8. *Medvedev V.N., Semeniuk S.D.* Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement // Magazine of Civil Engineering. 2016. № 3 (63). P. 3–15.
9. *Nedviga E., Beresneva N., Gravit M., Blagodatskaya A.* Fire Resistance of Prefabricated Monolithic Reinforced Concrete Slabs of «Marko» Technology // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2018. 692. P. 739–749.
10. *Yan J.B., Wang J.Y., Liew J.Y.R., Qian X.D., Zhang W.* Reinforced ultra-lightweight cement composite flat slabs: Experiments and analysis // Materials and Design. 2016. № 95. P. 148–158.
11. *Cho Y.S., Lee S., Bae J.S.* Reinforcement Placement in a Concrete Slab Object Using Structural Building Information Modeling // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2014. № 29. P. 47–59.
12. *Breccolotti M., Gentile S., Tommasini M., Materazzi A.L., Bonfigli M.F., Pasqualini B., Colone V., Gianesini M.* Beam-column joints in continuous RC frames: Comparison between cast-in-situ and precast solutions // Engineering Structures. 2016. V. 127. P. 129–144.
13. *Клюева Н.В., Колчунов В.И., Рыпаков Д.А., Бухтиярова А.С.* Прочность и деформативность сборно-монолитных каркасов жилых зданий пониженной материалоемкости при запроектных воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 1. С. 5–9.
14. *Теплова Ж.С., Виноградова Н.А.* Сборно-монолитные перекрытия системы «МАРКО» // Строительство уникальных зданий. 2015. № 8. С. 48–59.
15. *Olmati P., Sagaseta J., Cormie D., Jones A.E.K.* Simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions // Engineering Structures. 2017. V. 130. P. 83–98.

16. Qian K., Li B. Resilience of Flat Slab Structures in Different Phases of Progressive Collapse // *ACI Structural Journal*. 2016. V. 113. P. 537–548.
17. Drakatos I.S., Muttoni A., Beyer K. Internal slab-column connections under monotonic and cyclic imposed rotations // *Engineering Structures*. 2016. V. 123. P. 501–516.
18. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place building // *Magazine of Civil Engineering*. 2017. V. 6 (74). P. 175–184.
19. Chepurmenko A.S. Stress-strain state of three-layered shallow shells under conditions of non-linear creep // *Magazine of Civil Engineering*. 2017. V. 8 (74). P. 156–168.

## REFERENCES

1. Povetkin M.S. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie usilennykh pod nagruzkoi zhelezobetonnykh izgibaemykh prednapryazhennykh elementov: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Stress-strain state of prestressed reinforced concrete bending elements under load. PhD Thesis]. Kursk, 2009. 187 p. (rus)
2. Nikonov R.M. Sovmestnaya soprotivlyaemost', deformativnost' zhelezobetonnykh elementov perekrytiya sborno-monolitnykh karkasov s ploskimi plitami i skrytymi rigelyami: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Joint resistance, deformability of reinforced concrete elements of precast-cast-in-place constructions with flat slabs and hidden beams. PhD Thesis]. Moscow, 2008. 219 p. (rus)
3. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Ispytaniya sborno-monolitnogo perekrytiya na stroyashchemsya zhilom dome [Tests of slab cast over precast joists of residential building under construction]. *Beton i zhelezobeton*. 2016. No. 3. Pp. 20–22. (rus)
4. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Nekotorye rezul'taty naturnykh ispytaniy fragmenta karkasnogo zdaniya v sborno-monolitnom ispolnenii [Field tests of frame building fragment in precast-cast-in-place constructions]. *Beton i zhelezobeton*. 2015. No. 5. Pp. 18–20. (rus)
5. Mordich A.I., Galkin S.L. Rezul'taty ispytaniya sborno-monolitnogo perekrytiya karkasnogo zdaniya vertikal'noi nagruzkoi [Precast-cast-in-place construction vertical load tests]. *Stroitel'naya nauka i tekhnika*. 2011. No. 3. Pp. 33–42. (rus)
6. Semchenkov A.S., Khavkin A.K., Sokolov B.S. Ispytanie naturnogo fragmenta karkasa "RADIUSS" s primeneniem kruglopustotnykh plit [Testing of RADIUSS frame fragment using cord slabs]. *Beton i zhelezobeton*. 2008. No. 6. Pp. 2–5. (rus)
7. Semchenkov A.S. Ispytanie naturnogo fragmenta karkasa "RADIUSS NPU" s plitami sploshnogo secheniya [Testing of "RADIUSS NPU" frame fragment with solid slabs]. *Beton i zhelezobeton*. 2009. No. 1. Pp. 2–5. (rus)
8. Medvedev V.N., Semeniuk S.D. Durability and deformability of braced bending elements with external sheet reinforcement. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 3 (63). Pp. 3–15.
9. Nedviga E., Beresneva N., Gravit M., Blagodatskaya A. Fire resistance of prefabricated monolithic reinforced concrete slabs of "Marko" technology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. V. 692. Pp. 739–749.
10. Yan J.B., Wang J.Y., Liew J.Y.R., Qian X.D., Zhang W. Reinforced ultra-lightweight cement composite flat slabs: Experiments and analysis. *Materials and Design*. 2016. No. 95. Pp. 148–158.
11. Cho Y.S., Lee S., Bae J.S. Reinforcement placement in a concrete slab object using structural building information modeling. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2014. No. 29. Pp. 47–59.
12. Breccolotti M., Gentile S., Tommasini M., Materazzi A.L., Bonfigli M.F., Pasqualini B., Colone V., Ganesini M. Beam-column joints in continuous RC frames: Comparison between cast-in-situ and precast solutions. *Engineering Structures*. 2016. V. 127. Pp. 129–144.
13. Klyueva N.V., Kolchunov V.I., Rypakov D.A., Bukhtiyarova A.S. Prochnost' i deformativnost' sborno-monolitnykh karkasov zhilykh zdaniy ponizhennoi materialoemkosti pri zaproektnykh vozdeistviyakh [Strength and deformability of precast-cast-in-place constructions of residential buildings with reduced material capacity under design impacts]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2015. No. 1. Pp. 5–9. (rus)

14. *Teplova Zh.S., Vinogradova N.A.* Sbornno-monolitnye perekrytiya sistemy "MARKO" ["MARKO" precast-cast-in-place constructions]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy*. 2015. No. 8. Pp. 48–59. (rus)
15. *Olmati P., Sagaseta J., Cormie D., Jones A.E.K.* Simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions. *Engineering Structures*. 2017. V. 130. Pp. 83–98.
16. *Qian K., Li B.* Resilience of flat slab structures in different phases of progressive collapse. *ACI Structural Journal*. 2016. V. 113. Pp. 537–548.
17. *Drakatos I.S., Muttoni A., Beyer K.* Internal slab-column connections under monotonic and cyclic imposed rotations. *Engineering Structures*. 2016. V. 123. Pp. 501–516.
18. *Koyankin A.A., Mitasov V.M.* Stress-strain state of precast and cast-in place building. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. V. 6 (74). Pp. 175–184.
19. *Chepurnenko A.S.* Stress-strain state of three-layered shallow shells under conditions of non-linear creep. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. V. 8 (74). Pp. 156–168.

#### Сведения об авторах

*Коянкин Александр Александрович*, канд. техн. наук, доцент, Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, KoyankinAA@mail.ru

*Митасов Валерий Михайлович*, докт. техн. наук, профессор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 630008, Россия, Новосибирск-8, ул. Ленинградская, 113, MitassovV@mail.ru

#### Authors Details

*Aleksandr A. Koyankin*, PhD, A/Professor, Siberian Federal University, 79, Svobodnyi Ave., 660041, Krasnoyarsk, Russia, KoyankinAA@mail.ru

*Valery M. Mitasov*, DSc, Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, 113, Leningradskaya Str., 630008, Novosibirsk, Russia, MitassovV@mail.ru