

УДК 624.04

**А.А. Коянкин, В.М. Митасов**

*ФГАОУ ВПО «СФУ», \*ФГБОУ ВПО «НГАСУ (Сибстрин)»*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ ПУСТОТНОЙ ПЛИТЫ СО СБОРНО-МОНОЛИТНЫМ И МОНОЛИТНЫМ РИГЕЛЕМ**

Приведены результаты экспериментальных исследований узла сопряжения пустотной плиты со сборно-монолитным и монолитным ригелем, проведенных авторами. Результаты исследований позволяют устранить существующие на сегодняшний момент недостатки экспериментальных данных, не позволяющие объективно оценить деформированное состояние сборно-монолитных конструкций перекрытия.

**Ключевые слова:** сборно-монолитное перекрытие, пустотная плита, ригель, несущая способность, жесткость, трещиностойкость

Современное сборно-монолитное домостроение достаточно широко распространилось на территории России. Все большее количество крупных застройщиков начинают применять технологию сборно-монолитного домостроения в качестве основной. Данный факт является подтверждением удобства применения сборно-монолитного железобетона для возведения зданий различного функционального назначения в климатических условиях нашей страны. Однако, несмотря на возрастающую степень развития, существует недостаточное количество исследований сборно-монолитных конструкций. В связи с этим, авторами были проведены экспериментальные исследования фрагмента сборно-монолитного перекрытия [1] и узла сопряжения ригеля с колонной [2]. Для оценки несущей способности, жесткости и трещиностойкости узла сопряжения пустотной плиты перекрытия со сборно-монолитным и монолитным ригелем авторами проведены соответствующие экспериментальные исследования в лаборатории испытания строительных конструкций ИСИ СФУ. Достоверность полученных данных обеспечена применением оборудования с достаточной точностью измерений, а также хорошей сходимостью полученных результатов с результатами, полученными при ранее проведенных исследованиях [1, 2].

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены три полномасштабных модели стыка (Т-1, Т-2, Т-3) пустотной плиты с ригелем. Образцы Т-1 и Т-2 (рис. 1), представляющие сопряжение плиты со сборно-монолитным ригелем, включали в себя:

фрагменты пустотной плиты сечением  $1200 \times 220$  (h) мм и длиной 700 мм, армированные напрягаемыми канатами 7Ø12К1500 и сопрягаемые с монолитной частью ригеля посредством устройства в пустотах плиты, одновременно с монолитной частью ригеля, железобетонных шпонок, армированных 1Ø10А400 и имеющих переменную длину 200...300 мм;

сборно-монолитные ригели, включающие сборную часть сечением  $400 \times 200$  (h) мм, длиной 1200 мм и укладываемую сверху монолитную часть сечением  $140 \times 220$  (h) мм, одновременно со шпонками в пустотные плиты.

Образец Т-3, представлял собой стык, аналогичный образцам Т-1 и Т-2, но с тем отличием, что применялись монолитные ригели сечением  $140 \times 220$  (h) мм, длиной 1200 мм вместе со шпонками в пустотных плитах.

Подобные сопряжения достаточно распространены при строительстве зданий из сборно-монолитного железобетона как на территории России, так и за ее пределами [2—20].

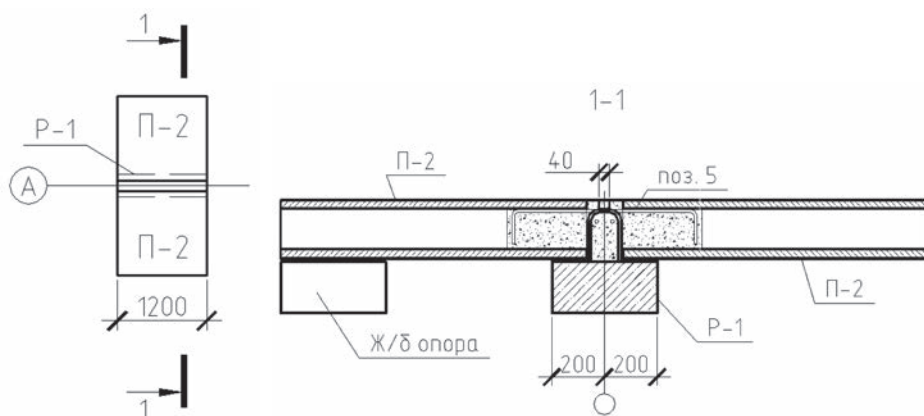


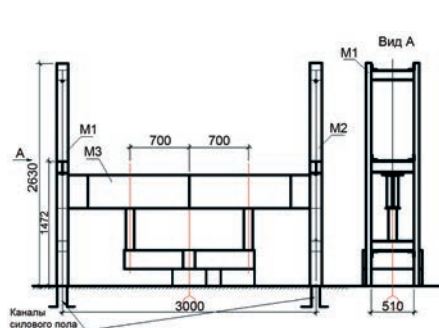
Рис. 1. Конструкция экспериментальных образцов Т-1, Т-2

Испытания проводились при помощи испытательной установки (рис. 2, а), закрепляемой в «ручьи» силового пола испытательной лаборатории. На опытные образцы Т-1 и Т-2 нагрузка прикладывалась сверху вниз двумя 100-тонными домкратами ДУ100П150, располагаемыми на краях консолей экспериментального образца и передающими на них вертикальную нагрузку (одним домкратом создавалось защемление плиты, другим домкратом производилось нагружение).

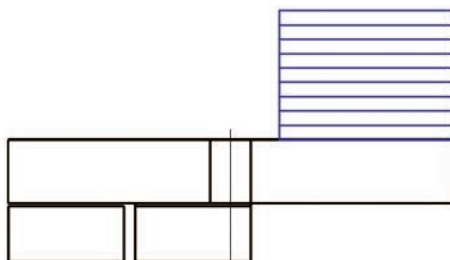
Загружение образца Т-3 проводилось с помощью бетонных блоков весом 0,6 кН (рис. 2, б), но до разрушения стык доводился при помощи домкратов по схеме загрузки образцов Т-1 и Т-2.

Фиксация вертикальных перемещений выполнялась индикаторами часового типа ИЧ-10 и прогибомерами 5ПАО-ЛИСИ. При помощи измерительной системы ММТС-64 с тензорезисторами КФ5П1-50-120-А-12 и универсальным многоканальным измерителем-регистратором ТЕРЕМ-4.0 с датчиками перемещения ДПЛ-10 фиксировались деформации поверхностей бетона, а тензорезисторами КФ5П1-10-200-А-12 — деформации арматуры. Ширину раскрытия трещин определяли микроскопом МПБ-3.

Анализ полученных результатов показал, что узел сопряжения пустотной плиты со сборно-монолитным или монолитным ригелем, устраиваемый за счет армированных железобетонных шпонок, способен воспринимать опорный изгибающий момент и должен позиционироваться в расчетах строительных конструкций как жесткий или податливый.



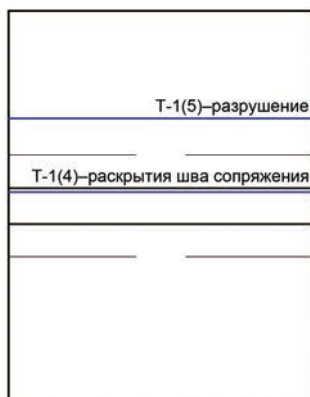
а



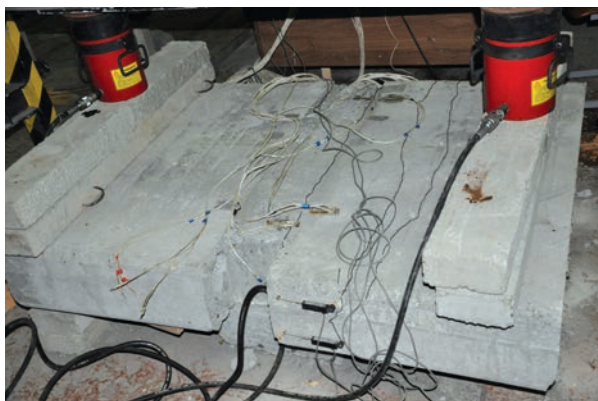
б

Рис. 2. Испытательная установка: а — образцы Т-1, Т-2; б — образец Т-3

При проведении экспериментов во всех стыках при нагрузке 12...16 кН (предпоследние этапы загрузки) было зафиксировано незначительное раскрытие верхней части шва сопряжения сборного и монолитного железобетона. На следующем этапе нагружения происходило образование трещины на верхней растянутой поверхности фрагмента пустотной плиты в месте окончания монолитной шпонки. Эта трещина и являлась причиной истощения несущей способности испытуемого образца (нагрузка 20...24 кН), так как армирования верхняя зона плиты не имеет (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Трещинообразование образца Т-1: а — схема (вид сверху); б — фото

Анализ прогибов (рис. 4, а) консолей плит показал, что прогибы увеличиваются равномерно без резких скачков. Прогибы в образцах Т-1 и Т-2 развивались одинаково. При нагрузке в 12 кН максимальное значение прогиба в стыках со сборно-монолитным ригелем составило 9,3 мм. В стыке Т-3, где пустотная плита сопрягается с ригелем только лишь путем устройства монолитных шпонок, без опирания на сборную часть ригеля, нарастание прогибов происходит так же равномерно, и значение прогиба при суммарной нагрузке в 12,6 кН составило 2,83 мм. Здесь следует учесть, что приложение нагрузки выполняется не домкратом, который, по сути, являет собой сосредоточенную нагрузку, а при помощи штучных грузов, которые представляют собой равномерно распределенную нагрузку, что в итоге дает меньший изгибающий момент на опоре.

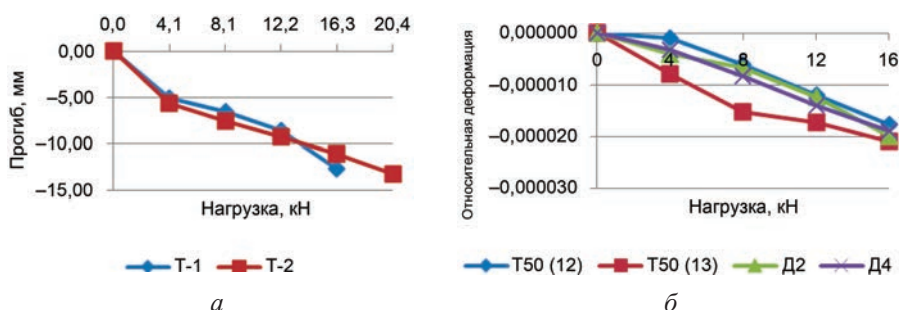


Рис. 4. Графики образца Т-1: а — прогибов; б — относительных деформаций бетона нижней поверхности пустотной плиты

Полученные результаты показали, что жесткости узла сопряжения пустотной плиты со сборно-монолитным (монолитным) ригелем за счет шпоночного соединения, достаточно для возникновения в узле изгибающего момента. Причем жесткость узла настолько существенна, что раскрытие шва сопряжения происходит уже на стадиях, предшествующих стадии разрушения конструкции пустотной плиты, и это требует принятия мер по обеспечению трещиностойкости пустотной плиты. Избежать образования трещин в пустотной плите можно путем введения соответствующего армирования (установка верхней продольной арматуры) пустотной плиты или исключением совместного деформирования пустотной плиты и ригеля (исключение шпоночного соединения).

Анализ данных, полученных в результате обработки информации с тензометрических датчиков, установленных на арматуре, выявил, что во всех стыках Т-1...Т-3 напряжения в продольной арматуре шпонок не достигают предела текучести. Причем в момент исчерпания несущей способности напряжения в арматуре не превышают 30 МПа, что говорит о значительном запасе прочности арматурных стержней. Отмечено, что возрастание напряжений в арматуре происходит во всех стыках равномерно.

Относительные деформации бетона верхней (растянутой) поверхности ригеля и плиты (место установки датчиков на ригеле и на плите — возле шва сопряжения пустотной плиты и монолитной части ригеля) не достигают предельных нормативных значений 0,00015 (максимальное полученное значение

0,00006). Отсутствие на растянутых поверхностях элементов (в области установки тензодатчиков) трещин подтверждает полученные тензометрические данные.

Деформации бетона нижней поверхности плиты (тензодатчики располагаются возле ригелей) также не достигли предельных значений равных 0,002, т.е. разрушения сжатой зоны бетона зафиксировано не было. Об этом также свидетельствует и визуальный осмотр конструкции. Причем, судя по полученным тензометрическим данным, деформации бетона сжатой зоны происходят в упругой стадии. Максимальные деформации сжатия нижней поверхности ригеля наблюдаются, что и ожидаемо, возле ригеля. Во всех экспериментальных образцах наблюдается примерно одинаковая картина нарастания деформаций (см. рис. 4, б).

Хрупкое разрушение экспериментальных образцов происходило в результате совместного действия поперечной силы и изгибающего момента, что подтверждается наличием наклонных трещин. Значение разрушающей нагрузки, как ранее было сказано, составило 20, 24 и 20 кН для образцов Т-1, Т-2, Т-3 соответственно.

**Выводы:** стыковое соединение пустотной плиты со сборно-монолитным ригелем, выполняемое за счет устройства монолитной шпонки, не является шарнирным и обладает достаточной жесткостью для восприятия изгибающего момента;

«слабым местом» стыкового соединения является отсутствие верхней арматуры в пустотных плитах перекрытия, приводящее к хрупкому разрушению бетона верхней растянутой зоны плиты в месте окончания армированных монолитных шпонок.

Результаты настоящей работы подтверждают данные, которые были получены в ранее проведенных экспериментальных исследованиях [1] на фрагменте сборно-монолитного перекрытия.

### Библиографический список

1. Митасов В.М., Коянкин А.А. Работа диска сборно-монолитного перекрытия // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 3 (663). С. 103—119.
2. Коянкин А.А., Митасов В.М. Экспериментальные исследования работы стыкового соединения ригеля с колонной в сборно-монолитном перекрытии // Вестник МГСУ. 2015. № 5. С. 27—35.
3. Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса КУБ 2.5. Выпуск 1-1. М. : Стройиздат, 1990. 49 с.
4. Шембаков В.А. Сборно-монолитное каркасное домостроение. Руководство к принятию решения 2-е изд., перераб. и доп. Чебоксары : ООО «Чебоксарская типография № 1», 2005. 119 с.
5. Мордич А.И., Белевич В.Н., Симбиркин В.Н., Навой Д.И., Миронов А.Н., Райчев В.П., Чубрик А.И. Эффективные конструктивные системы многоэтажных жилых домов и общественных зданий (12...25 этажей) для условий строительства в Москве и городах Московской области, наиболее полно удовлетворяющие современным маркетинговым требованиям. Минск : НИЭПУП «Институт БелНИИС», 2002. 117 с.
6. Никитин Н.В., Франов П.И., Тимонин Е.М. Рекомендации по проектированию конструкций плоского сборно-монолитного перекрытия «Сочи». 3-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1975. 34 с.



7. Сахновский К.В. Железобетонные конструкции. 8-е изд., перераб. М. : Госстройиздат, 1959. 840 с.
8. Мордич А.И., Белевич В.Н., Симбиркин В.Н., Навой Д.И. Опыт практического применения и основные результаты натурных испытаний сборно-монолитного каркаса БелНИИС // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2004. № 8. С. 8—12.
9. Мордич А.И. Сборно-монолитные и монолитные каркасы многоэтажных зданий с плоскими распорными перекрытиями // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2001. № 8—9. С. 10—14.
10. Мордич А.И., Садоху В.Е., Подлипская И.И., Таратынова Н.А. Сборно-монолитные преднапряженные перекрытия с применением многопустотных плит // Бетон и железобетон. 1993. № 5. С. 3—6.
11. Семченков А.С. Обоснование регионально-адаптируемой индустриальной универсальной строительной системы «РАДИУСС» // Бетон и железобетон. 2008. № 4. С. 2—6.
12. Копривица Б. Применение каркасной системы ИМС для строительства жилых и общественных зданий // Жилищное строительство. 1984. № 1. С. 30—32.
13. Семченков А.С. Регионально-адаптируемые сборно-монолитные строительные системы для многоэтажных зданий // Бетон и железобетон. 2010. № 6. С. 2—6.
14. Казина Г.А. Современные сейсмостойкие конструкции железобетонных зданий. М. : ВНИИС, 1981. 75 с.
15. Кимберг А.М. Эффективная конструктивная система каркасно-панельных зданий с натяжением арматуры в построечных условиях (методические рекомендации). Тбилиси : ТбилЗНИИЭП, 1985. 33 с.
16. Weber H., Bredenbals B., Hullman H. Bauelemente mit Gittertragern. Institut fur Industrialisierung des Buens. Hannover, 1996. 24 S.
17. Dimitrijevic R. A prestressed «Open» system from Jugoslavia. Système «Ouvert» Précontraint Yougoslave // Batiment Informational, Building Research and Practice. 1978. Vol. 6. No. 4. Pp. 244, 245—249 // Научно-технический реферативный сборник ЦИНИС. 1979. Сер. 14. Вып. 3. С. 8—12.
18. Bausysteme mit Gittertragern. Fachgruppe Betonbauteile mit Gittertragern im BDB. Bonn, 1998. 40 S.
19. Schwerm D., Jaurini G. Deskensysteme aus Betonfertigteilen. Informationsstelle Beton-Bauteile. Bonn, 1997. 37 p.
20. Pessiki S., Prior R., Sause R., Slaughter S. Review of existing precast concrete gravity load floor framing system // PCI Journal. 1995. Vol. 40. No. 2. Pp. 52—67.

*Поступила в редакцию в июне 2015 г.*

Об авторах: **Коянкин Александр Александрович** — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций и управляемых систем, **Сибирский федеральный университет (ФГАОУ ВПО «СФУ»)**, 660041, г. Красноярск, пр-т Свободный, д. 79, koyankinaa@mail.ru;

**Митасов Валерий Михайлович** — доктор технических наук, заведующий кафедрой железобетонных конструкций, **Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин) (ФГБОУ ВПО «НГАСУ (Сибстрин)»)**, 630008, г. Новосибирск-8, ул. Ленинградская, д. 113, mitassovv@mail.ru.

Для цитирования: *Коянкин А.А., Митасов В.М. Экспериментальные исследования узлов сопряжения пустотной плиты со сборно-монолитным и монолитным ригелем // Вестник МГСУ. 2015. № 10. С. 32—39.*

A.A. Koyankin, V.M. Mitasov

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE JOINS OF A HOLLOW SLAB WITH PRECAST-CAST-IN-PLACE AND MONOLITHIC GIRDER

The contemporary precast-cast-in-place housing construction has become widely used on the territory of Russia. A great amount of big construction companies begin using the technology of precast and cast-in-place housing construction as the main one. This fact is proving the convenience of reinforced precast and cast-in-place concrete for the buildings of various functions in the climatic conditions of our country. Though there is a lack of investigations of such constructions though they are increasingly developing.

Due to the lack of experimental research data existing at the moment, which allow estimating deformed condition of precast-cast-in-place constructions of slabs objectively, experimental research of hollow slab longitudinal beam with precast-cast-in-place and cast-in-place joist was carried out by the authors.

The results of the given work prove the data previously obtained by the authors in their experiments using a fragment of precast-cast-in-place slab.

**Key words:** precast-cast-in-place slab, hollow slab, longitudinal beam, load-bearing capacity, stiffness, crack resistance

### References

1. Mitasov V.M., Koyankin A.A. Rabota diska sborno-monolitnogo perekrytiya [Operation of a slab of cast over precast joists]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2014, no. 3 (663), pp. 103—119. (In Russian)
2. Koyankin A.A., Mitasov V.M. Eksperimental'nye issledovaniya raboty stykovogo soedineniya rigelya s kolonnoy v sborno-monolitnom perekrytii [Experimental Study of the Operation of the Bolt Joint of a Bearer with a Column in Precast-Monolithic Ceiling]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 5, pp. 27—34. (In Russian)
3. *Unifitsirovannaya sistema sborno-monolitnogo bezrigel'nogo karkasa KUB 2.5. Vypusk 1-1* [Unified System of Precast-Cast-in-Place Reinforced Concrete Composite Frame Without Collar Beams KUB 2.5. Edition 1-1]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1990, 49 p. (In Russian)
4. Shembakov V.A. *Sborno-monolitnoe karkasnoe domostroenie. Rukovodstvo k primeniyatiyu resheniya* [Cast-in Place and Precast Frame House-Building. Guidance for Decision-Making]. 2nd edition, revised. Cheboksary, OOO "Cheboksarskaya tipografiya № 1" Publ., 2005, 119 p. (In Russian)
5. Mordich A.I., Belevich V.N., Simbirkin V.N., Navoy D.I., Mironov A.N., Raychev V.P., Chubrik A.I. *Effektivnye konstruktivnye sistemy mnogoetazhnykh zhilykh domov i obshchestvennykh zdaniy (12...25 etazhey) dlya usloviy stroitel'stva v Moskve i gorodakh Moskovskoy oblasti, naibolee polno udovletvoryayushchie sovremennym marketingovym trebovaniyam* [Effective Structural Systems of Multistory Blocks of Flats and Civil Buildings (12...25 Stories) for Construction Conditions in Moscow and the Cities of Moscow Region, Fulfilling Modern Marketing Demands More Completely]. Minsk, NIEPUP «Institut BelNIIS» Publ., 2002, 117 p. (In Russian)
6. Nikitin N.V., Franov P.I., Timonin E.M. *Rekomendatsii po proektirovaniyu konstruktсий ploskogo sborno-monolitnogo perekrytiya «Sochi»* [Recommendations for Engineering Constructions of a Flat Precast-Cast-In-Place Slab "Sochi"]. 3rd edition, revised. Moscow, Stroyizdat Publ., 1975, 34 p. (In Russian)
7. Sakhnovskiy K.V. *Zhelezobetonnye konstruktсии* [Reinforced Concrete Structures]. 8th edition, revised. Moscow, Gosstroyizdat Publ., 1959, 840 p. (In Russian)
8. Mordich A.I., Belevich V.N., Simbirkin V.N., Navoy D.I. Opyt prakticheskogo primeneniya i osnovnye rezul'taty naturnykh ispytaniy sborno-monolitnogo karkasa BelNIIS [Experience of Practical Use and Main Results of In-Place Tests of Precast and Cast-In-Place Frame BelNIIS]. *BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki* [BST — Bulletin of Construction Equipment]. 2004, no. 8, pp. 8—12. (In Russian)

9. Mordich A.I. Sbornno-monolitnye i monolitnye karkasy mnogoetazhnykh zdaniy s ploskimi raspornymi perekrytiyami [In-cast and Precast Joists and Cast-In-Place Frames of Multi-Storey Buildings with Flat Space Slabs]. *Montazhnye i spetsial'nye raboty v stroitel'stve* [Erecting and Special Works in Construction]. 2001, no. 8—9, pp. 10—14. (In Russian)
10. Mordich A.I., Sadokho V.E., Podlipskaya I.I., Taratynova N.A. Sbornno-monolitnye prednapryazhennye perekrytiya s primeneniem mnogopustotnykh plit [In-cast and Precast Joists Stressed Slabs with Use of Hollow-Core Slab]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 1993, no. 5, pp. 3—6. (In Russian)
11. Semchenkov A.S. Obosnovanie regional'no-adaptiruemykh industrial'noy universal'noy stroitel'noy sistemy «RADIUSS» [Justification of Regional-Adaptive Industrial Universal Construction System “RADIUSS”]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2008, no. 4, pp. 2—6. (In Russian)
12. Koprivitsa B. Primenenie karkasnoy sistemy IMS dlya stroitel'stva zhilykh i obshchestvennykh zdaniy [The Use of Frame System IMS for Construction of Residential and Industrial Buildings]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 1984, no. 1, pp. 30—32. (In Russian)
13. Semchenkov A.S. Regional'no-adaptiruemye sborno-monolitnye stroitel'nye sistemy dlya mnogoetazhnykh zdaniy [Regional-Adaptive Precast-Cast-In-Place Constructional Systems for Multi-Storied Buildings]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2010, no. 6, pp. 2—6. (In Russian)
14. Kazina G.A. *Sovremennyye seysmostoykie konstruksii zhelezobetonnykh zdaniy* [Modern Earthquake-Resistant Constructions of Reinforced Concrete Buildings]. Moscow, VNIIS Publ., 1981, 75 p. (In Russian)
15. Kimberg A.M. *Effektivnaya konstruktivnaya sistema karkasno-panel'nykh zdaniy s natyazheniem armatury v postroechnykh usloviyakh (metodicheskie rekomendatsii)* [Effective Constructive System of Frame-Panel Buildings with Tensioning of the Steel in Site Conditions (Methodological Recommendations)]. Tbilisi, TbilZNIIEP Publ., 1985, 33 p. (In Russian)
16. Weber H., Bredenbals B., Hullman H. Bauelemente mit Gittertragern. Institut für Industrialisierung des Buens. Hannover, 1996, 24 p.
17. Dimitrijevic R. A Prestressed “Open” System from Yugoslavia. Système «Ouvert» Précontraint Yougoslave. *Batiment Informational, Building Research and Practice*. 1978, vol. 6, no. 4, pp. 244, 245—249. *Nauchno-tekhnicheskiy referativnyy sbornik TsINIS* [Science and Technical Abstract Collection of the Central Institute of Scientific Information on Construction]. 1979, vol. 14, no. 3, pp. 8—12.
18. Bausysteme mit Gittertragern. Fachgruppe Betonbauteile mit Gittertragern im BDB. Bonn, 1998, 40 p.
19. Schwerm D., Jaurini G. Deskensysteme aus Betonfertigteilen. Informationsstelle Beton-Bauteile. Bonn, 1997, 37 p.
20. Pessiki S., Prior R., Sause R., Slaughter S. Review of Existing Precast Concrete Gravity Load Floor Framing System. *PCI Journal*. 1995, vol. 40, no. 2, pp. 52—67.

About the authors: **Koyankin Aleksandr Aleksandrovich** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Building Structures and Control Systems, **Siberian Federal University (FGAOU VPO SFU)**, 79 Svobodny Avenue, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation; koyankinaa@mail.ru;

**Mitasov Valeriy Mikhaylovich** — Doctor of Technical Sciences, chair, Department of Reinforced Concrete Structures, **Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin) (FGBOU VPO NGASU (Sibstrin))**, 113 Leningradskaya str., Novosibirsk, 630008, Russian Federation; mitassovv@mail.ru.

For citation: Koyankin A.A., Mitsov V.M. Eksperimental'nye issledovaniya uzlov so-pryazheniya pustotnoy plity so sborno-monolitnym i monolitnym rigelem [Experimental Research of the Joins of a Hollow Slab with Precast-Cast-In-Place and Monolithic Girder]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 10, pp. 32—39. (In Russian)