

УДК 624.01

А.А. Коянкин, В.М. Митасов*

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

КАРКАС СБОРНО-МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО РАБОТЫ НА РАЗНЫХ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛАХ

Предложена конструктивная система сборно-монолитного здания, способная самостоятельно воспринимать нагрузки, возникающие на стадии возведения (за счет готовности сборного каркаса) и на стадии эксплуатации (за счет готовности сборно-монолитного каркаса). Новизна подхода в том, что авторы отказались от закономерности, на которой построены имеющиеся на сегодняшний момент конструктивные системы сборно-монолитных зданий, основанные на обязательности совместного деформирования сборного и монолитного железобетона как на стадии возведения здания, так и на стадии его эксплуатации. Тема актуальна тем, что интенсивное развитие сборно-монолитного строительства привело сегодня к созданию большого количества различных конструктивных систем зданий.

Ключевые слова: сборно-монолитный каркас, сборный каркас, преднапрягаемые конструкции, несущая способность, жесткость, трещиностойкость, жизненный цикл.

Современное домостроение из сборного и монолитного железобетона достигло в стране достаточно высокого уровня развития. На вооружении у строителей имеется большой ассортимент различных конструктивных систем и схем зданий, разработанных многими талантливыми проектировщиками на протяжении более чем 100 лет. Это позволяет возводить здания с максимальным учетом требований функциональности, архитектурной выразительности, производственных возможностей строительно-монтажных организаций, условий строительства и т.д. [1—15].

Однако, несмотря на столь мощное развитие, как сборное, так и монолитное домостроение имеет свои особенности, положительные и отрицательные. Некоторыми «плюсами» сборного строительства являются:

устройство легких и жестких перекрытий (возможности заводов железобетонных изделий создавать плиты различных геометрических сечений и из различных конструктивных материалов);

отсутствие опалубочных, бетонных и арматурных работ, выполняемых непосредственно на строительной площадке;

малая зависимость от отрицательных температур наружного воздуха;

быстрота перехода к монтажу конструкций вышележащих этажей из-за отсутствия необходимости ожидания набора требуемой прочности монолитного железобетона нижележащих конструкций;

использование предварительно напряженных конструкций.

В то время как преимуществами монолитного домостроения являются:

отсутствие сложных, высокоточных и трудозатратных работ по устройству стыковых соединений, которые, как правило, располагаются в наиболее нагруженных, а, соответственно, и важных местах;

повышенная пространственная жесткость зданий, в связи с отсутствием монтажных стыков.

Подобную ситуацию, казалось бы, способно исправить сборно-монолитное домостроение, объединив плюсы обоих видов строительства при этом одновременно убирая их минусы. Однако имеющиеся на сегодняшний момент конструктивные системы сборно-монолитных зданий не способны на это, допуская одновременно какие-либо недостатки как сборного, так и монолитного домостроения. Кроме того, важным аспектом сборно-монолитного строительства является возможность наиболее эффективное использование сборных железобетонных конструкций, т.е. за счет оптимизации шага вертикальных и, соответственно, пролета горизонтальных несущих конструкций, максимально используется несущая способность сборных железобетонных элементов. В то же время в зданиях из сборного железобетона нередко применяются элементы с завышенной несущей способностью, в связи с ограниченностью номенклатуры существующих изделий, что приводит к повышенному расходу бетона и арматуры.

Помимо вышперечисленного, к любому зданию вне зависимости от вида применяемого строительного материала, по умолчанию предъявляются требования надежности, функциональности, архитектурной выразительности, быстровозводимости и экономичности. Используя максимально эффективно сборно-монолитные конструкции, требования прочности, жесткости и трещиностойкости можно обеспечить за счет:

- монолитности стыковых соединений;

- жесткости и относительной легкости входящих в него конструктивных элементов;

- преднапрягаемой высокопрочной арматуры.

Требования функциональности и архитектурной выразительности — за счет:

- независимости от типологии и унификации в производстве сборных конструкций, возможности выполнения их любого размера и формы.

- Требования быстровозводимости — за счет:

- возможности монтажа конструкций вышележащих этажей, независимо от степени готовности конструкций нижележащих этажей;

- минимизации опалубочных, бетонных и арматурных работ выполняемых непосредственно на строительной площадке;

- независимости от температур наружного воздуха при производстве строительно-монтажных работ.

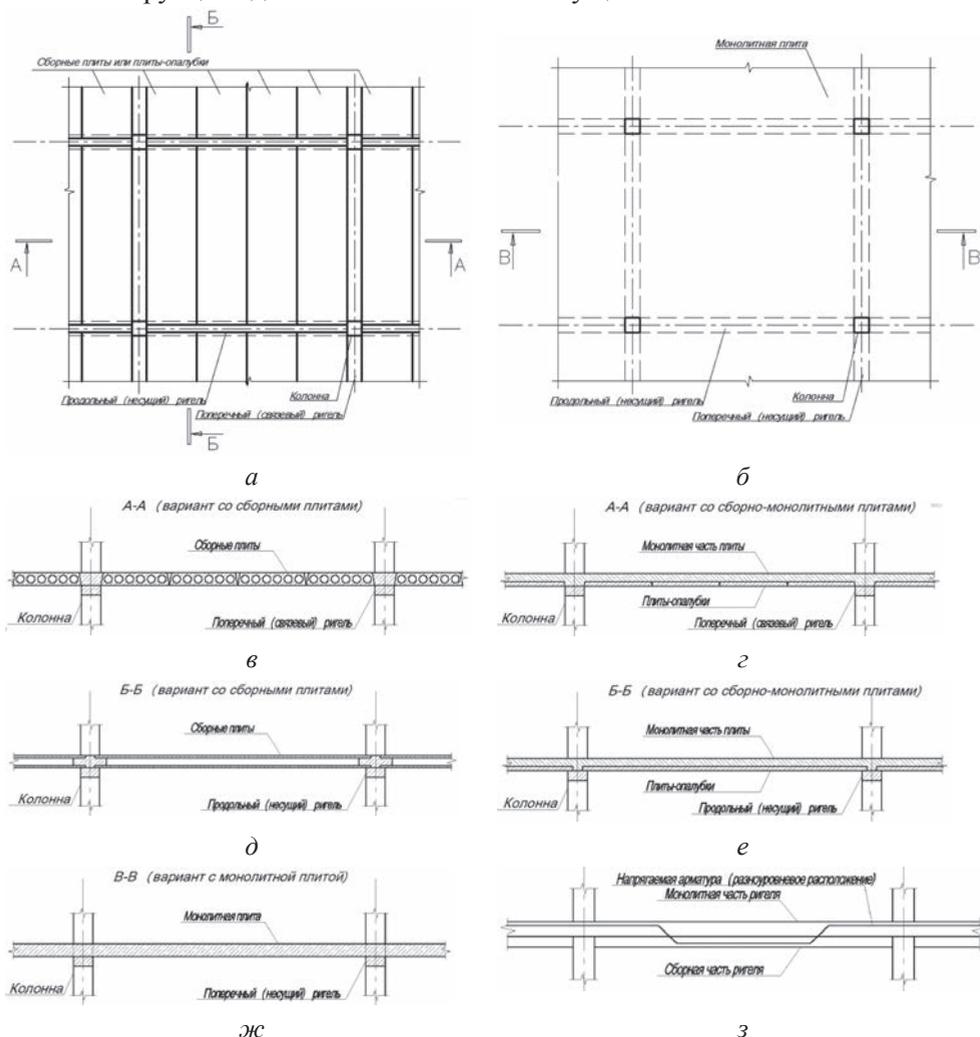
- Требования экономичности — за счет:

- снижения количества арматурной стали в результате применения преднапрягаемой высокопрочной арматуры;

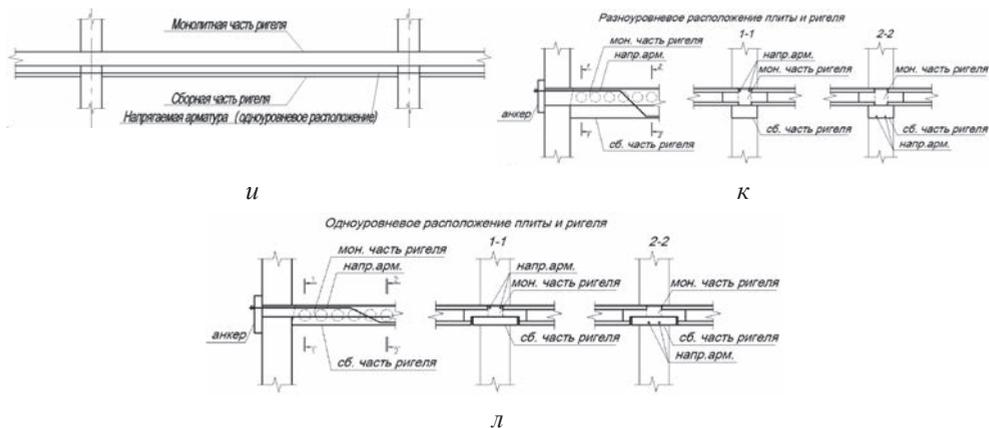
- максимального уменьшения нагрузки на несущие строительные конструкции за счет снижения их массы без снижения несущей способности и жесткости;

- сокращения сроков возведения здания.

Изучив существующие конструктивные системы сборно-монолитных зданий, а также проанализировав требования, предъявляемые к строительным конструкциям, авторы данной статьи предложили новую конструктивную систему (рис.), основанную на индивидуальных положительных особенностях имеющих систем и объединяющую плюсы сборного и монолитного строительства, при этом минимизируя их минусы. Предложенная конструкция сборно-монолитного здания основана на том понимании, что сборно-монолитное здание способно самостоятельно воспринимать нагрузки, возникающие как на стадии возведения, т.е. за счет готовности только лишь сборного каркаса (1-й жизненный цикл), так и на стадии эксплуатации, т.е. за счет готовности сборно-монолитного каркаса (2-й жизненный цикл). Таким образом, возникает самостоятельность работы конструкции здания на всех этапах его существования.



Сборно-монолитный каркас (начало): *а* — план со сборными или сборно-монолитными плитами; *б* — план с монолитной плитой; *в* — разрез А—А (вариант со сборными плитами); *г* — разрез А—А (вариант со сборно-монолитными плитами); *д* — разрез Б—Б (вариант со сборными плитами); *е* — разрез Б—Б (вариант со сборно-монолитными плитами); *ж* — разрез В—В; *з* — продольный разрез ригеля (разноразное расположение напрягаемой арматуры)



Сборно-монолитный каркас (окончание): *и* — продольный разрез ригеля (одноуровневое расположение напрягаемой арматуры); *к* — узел сопряжения ригеля с колонной (разноуровневое расположение плиты и ригеля); *л* — узел сопряжения ригеля с колонной (одноуровневое расположение плиты и ригеля)

Предложенная конструктивная система сборно-монолитного здания включает:

сборные колонны, выполняемые длиной на один, два и более этажа (длина ограничивается возможностями транспортировки и грузоподъемных механизмов), для пропуска верхней (напрягаемой, ненапрягаемой) арматуры в колонне предусмотрены соответствующие отверстия или место, свободное от бетона (см. рис. 2), сопряжение колонн по высоте осуществляется за счет устройства штепсельного стыка;

сборно-монолитные ригели, включающие сборные части, армированные ненапрягаемой арматурой класса А400, имеющие выпуски поперечной арматуры и выполняемые с каналами для пропуска напрягаемой арматуры (каналы могут быть расположены как горизонтально, так и разноуровнево, см. рис. б);

плиты перекрытия, выполняемые либо сборными (предпочтительно пустотными), либо сборно-монолитными с плитой-опалубкой и укладываемым сверху монолитным железобетоном, либо монолитными (возможно как одноуровневое расположение низа ригеля и плиты (в сборных плитах для этого выполняется соответствующая подрезка), так и разноуровневое, см. рис. в).

Последовательность монтажа каркаса следующая: на жестко заземленные в фундамент колонны крепятся монтажные кронштейны (в уровне перекрытия), на которые устанавливаются сборные части ригелей, после чего происходит заполнение мелкозернистым бетоном зазоров между сборной частью ригеля и колонной. Далее в каналах сборных частей ригеля и колонн протягивается высокопрочная арматура, которая, в зависимости от принятой конструктивной системы, проходит только лишь в нижней части ригелей или над колонной в верхней, пока еще свободной от монолитного железобетона, части ригеля (разноуровневое расположение). После установки в каналы высокопрочная арматура натягивается до определенной величины напряжений и закрепляется при помощи специальных удерживающих анкеров. Собранный на данной стадии «скелет» будущего каркаса целиком и полностью способен воспринимать возникающие в

дальнейшем монтажные нагрузки, т.е. самостоятельно обеспечивается работа на одном жизненном цикле (стадия монтажа). Таким образом, образовался рамно-связевый или рамный каркас, в котором сборные части ригелей сопрягаются с колоннами путем создания сил трения за счет натяжения арматуры в построечных условиях. Подобные решения по устройству перекрытия за счет создания сил трения между перекрытием и вертикальными несущими элементами хорошо известны и зарекомендовали себя в практике зарубежного и отечественного домостроения, в т.ч. и при строительстве в сейсмических районах [16—20]. В частности, широко известен югославский сейсмостойкий каркас IMS, где совместное деформирование сборных элементов осуществляется как раз за счет натяжения высокопрочных канатов в двух взаимно перпендикулярных направлениях. На основании серии IMS ТбилЗНИИЭПом совместно с НИИЖБом были предложены и неоднократно реализованы в практике строительства различные варианты сборного домостроения с применением преднапрягаемой арматуры, благодаря которой также обеспечивалось сопряжение перекрытия с колоннами.

В случае применения сборных плит, на сборные части ригелей укладываются сборные плиты, устанавливается при необходимости верхняя ненапрягаемая арматура, и заливаются монолитные части ригелей. В случае выполнения сборно-монолитной (монолитной) плиты, на сборные части ригелей устанавливается, при необходимости, верхняя ненапрягаемая арматура, сборные плиты-опалубки (опалубка в створ с ригелями), после чего заливаются одновременно монолитные части ригелей и монолитная часть плиты (монолитная плита).

Вывод. Предложенная конструкция сборно-монолитного каркаса здания позволяет максимально эффективно использовать положительные моменты сборного и монолитного домостроения, нейтрализуя (минимизируя) их минусы, а также полностью соответствует вышеперечисленным обязательно-желательным требованиям к зданиям. На данное техническое решение получены соответствующие патенты.

Библиографический список

1. *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.
2. Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса КУБ 2.5. Выпуск 1-1 / ЦНИИПИ «Монолит». М. : Стройиздат, 1990. 49 с.
3. *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.
4. *Митасов В.М., Коянкин А.А.* Работа диска сборно-монолитного перекрытия // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 3. С. 103—109.
5. *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.
6. *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.

7. Сахновский К.В. Железобетонные конструкции. 8-е изд., перераб. М. : Госстройиздат, 1960. 840 с.
8. 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.
9. 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.
10. Мордич А.И., Садохо В.Е., Подлипская И.И., Таратынова Н.А. Сборно-монолитные преднапряженные перекрытия с применением многпустотных плит // Бетон и железобетон. 1993. № 5. С. 3—6.
11. Weber H., Bredenbals B., Hullman H. Bauelemente mit Gittertragern. Institut fur Industrialisierung des Buens. Hannover, 1996. 24 p.
12. 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.
13. Bausysteme mit Gittertragern. Fachgruppe Betonbauteile mit Gittertragern im BDB. Bonn, 1998. 40 S.
14. Schwerm D., Jaurini G. Deskensysteme aus Betonfertigteilen. Informationsstelle Beton-Bauteile, 1997, Bonn. 37 P.
15. 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.
16. Копривица Б. Применение каркасной системы ИМС для строительства жилых и общественных зданий // Жилищное строительство. 1984. № 1. С. 30—32.
17. Семченков А.С. Обоснование регионально-адаптированные индустриальной универсальной строительной системы «РАДИУСС» // Бетон и железобетон. 2008. № 4. С. 1—7.
18. Семченков А.С. Регионально-адаптированные сборно-монолитные строительные системы для многоэтажных зданий // Бетон и железобетон. 2010. № 3. С. 2—6.
19. Кимберг А.М. Эффективная конструктивная система каркасно-панельных зданий с натяжением арматуры в построечных условиях (методические рекомендации). Тбилиси : ТбилЗНИИЭП, 1985. 33 с.
20. Казина Г.А. Современные сейсмостойкие конструкции железобетонных зданий. М. : ВНИИИС, 1981. 75 с.

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

Для цитирования: *Коянкин А.А., Митасов В.М. Каркас сборно-монолитного здания и особенности его работы на разных жизненных циклах // Вестник МГСУ. 2015. № 9. С. 28—35.*

A.A. Koyankin, V.M. Mitasov

CAST-IN-PLACE BUILDING FRAME AND ITS FEATURES AT SEPARATE LIFE CYCLES

Modern intensive development of precast-cast-in-place construction has led to creation of a wide range of various constructive systems of buildings during the last 100 years. They allow constructing buildings with best account of the requirements of functionality, architectural expressiveness, production possibilities of construction companies, etc. However in spite of this development both precast and cast-in-place housing construction has its peculiarities, positive and negative ones. The constructive systems of precast monolithic buildings existing at the moment are based on the required mutual deformation of prefabricated reinforced and cast iron reinforced concrete at the stage of a building construction and at the stage of its use as well. Having refused from this rule, the authors of this article have introduced a constructive system of a precast monolithic building able to bear loads, developing at the stage of erection (due to completion of a precast frame) and at the stage of use (due to completion of a precast monolithic frame).

The offered construction of a precast monolithic building frame allows efficiently using the advantages of precast and cast-in-place construction minimizing their disadvantages and it also fully corresponds to the obligatory requirements to buildings. The corresponding patents are obtained.

Key words: precast cast-in-place frame, precast frame, preload constructions, load-bearing capacity, stiffness, crack resistance, life cycle.

References

1. 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 Constructional Systems of Multistorey Blocks of Flats and Civil Buildings (12...25 Storey) for the Construction Conditions in Moscow and the Cities of Moscow Region, More Fully Fulfilling Modern Marketing Demands]. Minsk, NIEPUP "Institut BelNIIS" Publ., 2002, 117 p. (In Russian)
2. *Unifitsirovannaya sistema sborno-monolitnogo bezrigel'nogo karkasa KUB 2.5. Vy-pusk 1-1 / TsNIIPI «Monolit»* [Unified System of Precast-Cast-in-place Reinforced Concrete Composite Frame without Collar Beams KUB 2.5. Edition 1-1 / TSNIPI "Monolit"]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1990, 49 p. (In Russian)
3. Shembakov V.A. *Sborno-monolitnoe karkasnoe domostroenie: rukovodstvo k prinyatiyu resheniya* [Cast-in place and Precast Frame House-Building. Guidance for Decision-Making]. 2-nd edition, revised. Cheboksary, OOO "Cheboksarskaya tipografiya № 1" Publ., 2005, 119 p. (In Russian)
4. Mitasov V.M., Koyankin A.A. Rabota diska sborno-monolitnogo perekrytiya [Operation of a Precast Monolithic Slab]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction]. 2014, no. 3, pp. 103—109. (In Russian)
5. Nikitin N.V., Franov P.I., Timonin E.M. *Rekomendatsii po proektirovaniyu konstruktivnykh ploskogo sborno-monolitnogo perekrytiya «Sochi»* [Recommendations for Engineering of the Constructions of Flat Precast Monolithic Slab "Sochi"]. 3-rd edition, revised. Moscow, Stroyizdat Publ., 1975, 34 p. (In Russian)
6. 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)
7. Sakhnovskiy K.V. *Zhelezobetonnye konstruksii* [Reinforced Concrete Constructions]. 8th edition. Moscow, Gosstroyizdat Publ., 1960, 840 p. (In Russian)
8. Mordich A.I. *Sborno-monolitnye i monolitnye karkasy mnogoetazhnykh zdaniy s ploskimi raspornymi perekrytyami* [Precast-Monolithic and Monolithic Frames of Multistoreyed

Buildings with Flat Brace Floor]. *Montazhnye i spetsial'nye raboty v stroitel'stve* [Building and Special Works in Construction]. 2001, no. 8—9, pp. 10—14. (In Russian)

9. 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 Application and the Main Results of Field Studies of the Precast-Monolithic Frame BelNIIS]. *BST: Byulleten' stroitel'noy tekhniki* [BST: Bulletin of Construction Technologies]. 2004, no. 8, pp. 8—12. (In Russian)

10. Mordich A.I., Sadokho V.E., Podlipskaya I.I., Taratynova N.A. Sbornomonolitnye prednapryazhennyye perekrytiya s primeneniem mnogopustotnykh plit [Precast-Monolithic Prestressed Slabs Using Hollow Core Slabs]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 1993, no. 5, pp. 3—6. (In Russian)

11. Weber H., Bredenbals B., Hullman H. Bauelemente mit Gittertragern. Institut für Industrialisierung des Buens. Hannover, 1996, 24 p.

12. 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-tekhnicheskiiy 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.

13. Bausysteme mit Gittertragern. Fachgruppe Betonbauteile mit Gittertragern im BDB. Bonn, 1998, 40 p.

14. Schwerm D., Jaurini G. Deskensysteme aus Betonfertigteilen. Informationsstelle Beton-Bauteile, 1997, Bonn, 37 p.

15. 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.

16. Koprivitsa B. Primenenie karkasnoy sistemy IMS dlya stroitel'stva zhilykh i obshchestvennykh zdaniy [Application of Frame System IMS for Constructing Residential and Public Buildings]. *Zhilyshchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 1984, no. 1, pp. 30—32. (In Russian)

17. Semchenkov A.S. Obosnovanie regional'no-adaptirovannyye industrial'noy universal'noy stroitel'noy sistemy «RADIUSS» [Reasons of Regional-Adaptive Industrial Universal Construction System “RADIUSS”]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2008, no. 4, pp. 1—7. (In Russian)

18. Semchenkov A.S. Regional'no-adaptiruemye sborno-monolitnye stroitel'nye sistemy dlya mnogoetazhnykh zdaniy [Regional-Adaptive Precast-Cast-in-place Constructional Systems for Multi-Storeyed Buildings]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2010, no. 3, pp. 2—6. (In Russian)

19. 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)

20. Kazina G.A. *Sovremennyye zhelezobetonnyye konstruksii seysmostoykikh zdaniy* [Modern Reinforced Concrete Structures of Earthquake-Resistant Buildings]. Moscow, VNIIS Publ., 1981, 25 p. (In Russian)

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

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

For citation: Koyankin A.A., Mitassov V.M. Karkas sborno-monolitnogo zdaniya i osobennosti ego raboty na raznykh zhiznennykh tsiklakh [Cast-In-Place Building Frame and its Features at Separate Life Cycles]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 9, pp. 28—35. (In Russian)