

А. А. КОЯНКИН

СБОРНО-МОНОЛИТНЫЙ КАРКАС, ЭФФЕКТИВНЫЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ХОЛОДНЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА

PREFABRICATED MONOLITHIC FRAME, EFFECTIVE FOR USE
IN COLD CONSTRUCTION CONDITIONS

Представлена конструктивная система сборно-монолитного каркаса, эффективно использующая конструктивные и технологические возможности данного вида домостроения, в основе которой заложено строительство здания поэтапно. На 1-м этапе происходит монтаж элементов сборной части каркаса. На 2-м этапе, с наступлением положительных температур окружающей среды, укладывается монолитный бетон на весь каркас одновременно или захватками. В рамках 1-го этапа смонтированная сборная часть каркаса самостоятельно воспринимает нагрузки, характерные стадии возведения (собственный вес сборных частей, вес дополнительно опираемых сборных элементов, вес бетона монолитирования). Пространственная жёсткость каркаса обеспечивается жёстким сопряжением колонн с фундаментом. Сборные части ригелей с колоннами сопрягаются шарнирно. В случае необходимости осуществляется устройство временных монтажных связей. На 2-м этапе, после набора монолитным бетоном требуемой прочности, каркас становится сборно-монолитным, обладает более высокой прочностью и жёсткостью и способен воспринимать остальные нагрузки стадии возведения (вес конструкций пола, перегородок, несущих стен и перегородок и т. д.) и нагрузки стадии эксплуатации. Шарнирное сопряжение ригеля с колонной становится жёстким, а временные связи, если устанавливались, демонтируются. Проведены и представлены экспериментальные исследования, особенностью которых являлся поэтапный монтаж и загрузка сборной и монолитной частей плоского каркаса. Исследования подтвердили конструктивную и технологическую эффективность предлагаемой конструктивной системы сборно-монолитного каркаса.

Ключевые слова: сборно-монолитные конструкции, генетическая нелинейность, поэтапность монтажа, поэтапность приложения нагрузки, сборный бетон, монолитный бетон, несущая способность, совместность деформирования

Введение

На территории РФ достаточно суровые условия строительства, что обусловлено кли-

A structural system of a prefabricated monolithic frame is presented, effectively using the constructive and technological capabilities of this type of housing construction, which is based on the construction of the building in stages. At the 1st stage, the elements of the prefabricated part of the frame are installed. At the 2nd stage, with the onset of positive ambient temperatures, monolithic concrete is laid on the entire frame simultaneously or in grippers. As part of the 1st stage, the assembled prefabricated part of the frame independently perceives the loads characteristic of the construction stage - the own weight of the prefabricated parts, the weight of the additionally supported prefabricated elements, as well as the weight of the homologation concrete. The spatial rigidity of the frame is ensured by the rigid coupling of the columns with the foundation. The prefabricated parts of the crossbars with the columns are connected pivotally. If necessary, temporary mounting links are installed. At the 2nd stage, after monolithic concrete sets the required strength, the frame becomes prefabricated, has higher strength and rigidity, and is able to withstand the remaining loads of the construction stage (the weight of floor structures, partitions, curtain walls and partitions, etc.) and the loads of the operation stage. The hinge joint of the bolt with the column becomes rigid, and temporary connections, if installed, are dismantled. Experimental studies have been conducted and presented, the feature of which was the phased installation and loading of prefabricated and monolithic parts of a flat frame. These studies have confirmed the constructive and technological effectiveness of the proposed structural system of a prefabricated monolithic frame.

Keywords: prefabricated and cast-in-situ structures, genetic nonlinearity, installation phasing, load application phasing, precast concrete, cast-in-situ concrete, bearing capacity, deformation compatibility

матом, который хоть и разнообразен, но преимущественно холодный (период со среднесуточной температурой наружного воздуха ниже 5 °С и минимальной суточной темпера-

туре ниже 0°C длится полгода и более). Данное обстоятельство приводит к необходимости принятия специальных мер для обеспечения набора бетоном требуемой прочности [1–4]. При этом применение сборных конструкций не всегда рационально, так как возникает необходимость устройства сложных и высокоточных работ по устройству стыковых соединений, а пространственная жёсткость здания заведомо снижена из-за наличия большого количества стыковых соединений элементов и отсутствия связности между смежными плитами. Строительной системой, способной решить такие конструктивные и технологические слабости, является сборно-монолитный железобетонный каркас. Данный вид строительства становится всё более популярным в последнее время [5–7], а потенциальные возможности сборно-монолитных конструкций достаточно широкие:

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

- уменьшение количества стыковых соединений;
- высокая пространственная жёсткость здания за счёт неразрывности диска перекрытия;
- относительно лёгкий и жёсткий диск перекрытия при применении сборных частей сложной геометрической формы;
- предварительно напряжённые сборные конструкции.

Материалы и методы

С целью повышения конструктивной и технологической эффективности применения железобетонных конструкций в холодных климатических условиях на основании обозначенного выше, а также исходя из опыта современного домостроения разработана конструктивная система сборно-монолитного каркаса, в основе которого предполагается возведение в два этапа (рис. 1).

На 1-м этапе происходит монтаж сборной части каркаса, которая в последующем самосто-

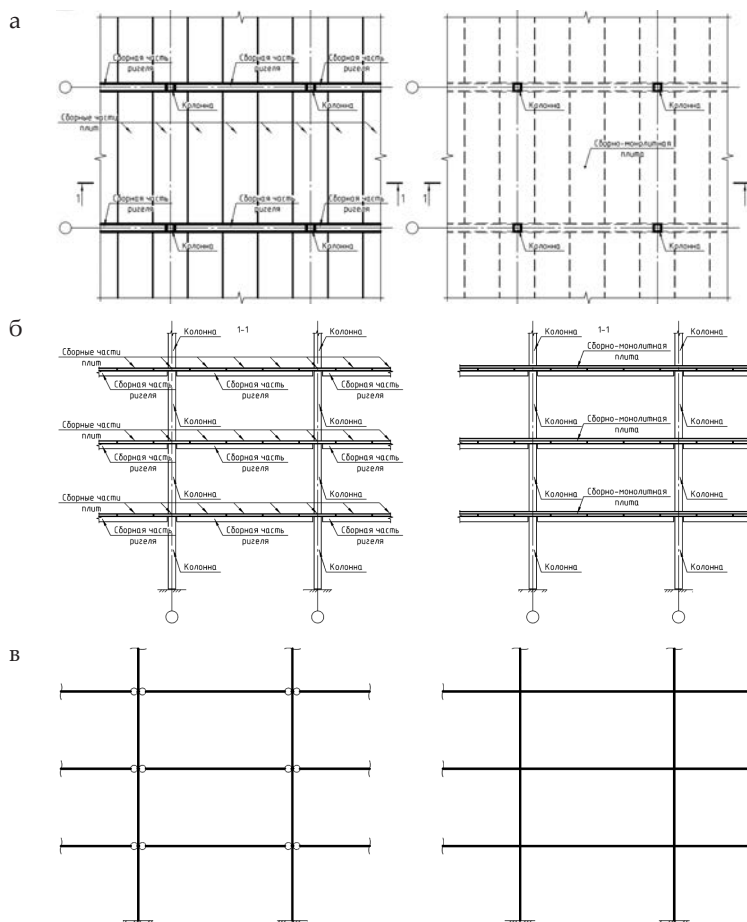


Рис. 1. Конструктивное решение поэтапно возводимого сборно-монолитного каркаса (план, разрез, расчётная схема, слева – 1-й этап, справа – 2-й этап): а – план; б – разрез; в – расчётная схема
Fig. 1. Constructive solution of a prefabricated monolithic frame being built in stages (plan, section, design scheme, 1st stage on the left, 2nd stage on the right): а – plan; б – section; в – design scheme

тельно воспринимает нагрузки, характерные стадии возведения (собственный вес сборных частей, вес опираемых сборных элементов, вес монолитного бетона). На 2-м этапе, в удобный временной период (с наступлением положительных температур), происходит омоноличивание всего каркаса, что приводит к его «превращению» в сборно-монолитный каркас. В итоге прочность и жёсткость каркаса увеличиваются и он способен воспринимать оставшиеся нагрузки, соответствующие стадии возведения (вес пола, перегородок, несущих стен, перегородок и т. д.), а также нагрузки стадии эксплуатации.

В дополнение возможны следующие конструктивные решения:

- применение лёгкого монолитного бетона, что снижает собственный вес конструкций перекрытия и общий вес здания, а также повышает тепло- и звукоизоляцию перекрытия;

- плиты-опалубки и сборные части ригелей рационального конструктивного поперечного сечения с предварительно напрягаемой арматурой обеспечивают высокую изгибную жёсткость и относительно небольшую массу диска перекрытия;

- отказ от цементно-песчаной стяжки (её функцию выполняет монолитный бетон), что позволяет снизить нагрузку и сократить расходы.

Проведены экспериментальные исследования плоских двухпролётных и двухэтажных рам P1 и P2, изготавливаемых и загружаемых в два этапа (рис. 2). Цель – изучение особенностей формирования напряженно-деформированного состояния в процессе монтажа и нагружения сборно-монолитного каркаса. Сборные элементы выполнены из тяжёлого бетона кл. В25, а применяемый монолитный бетон – керамзитобетон кл. В15,5. На 1-м этапе происходило устройство сборной части рам – сборные колонны (70×70×1200 мм) и сборные части ригелей (70×70 × 1410 мм, в нижней зоне 3Ø3В500). На 2-м этапе, без снятия нагрузки 1-го этапа, устанавливалась верхняя продольная арматура в опорной зоне ригелей с укладкой монолитного бетона на высоту 40 мм.

Сопряжения элементов:

- колонн с основанием – жёсткое на 1-м и 2-м этапах;

- ригеля с колоннами – шарнирное на 1-м этапе, жёсткое на 2-м этапе.

Загружение конструкции происходило следующим образом. На 1-м этапе нагрузка моделирует монтажную нагрузку – $P = 0,55$ кН. На 2-м этапе нагрузка моделирует дополнительную монтажную нагрузку и эксплуатационную нагрузку – $P = 1,65$ кН (нижний ярус), $P = 2,2$ кН и $P = 1,925$ кН (верхний ярус правый и левый пролёты соответственно).

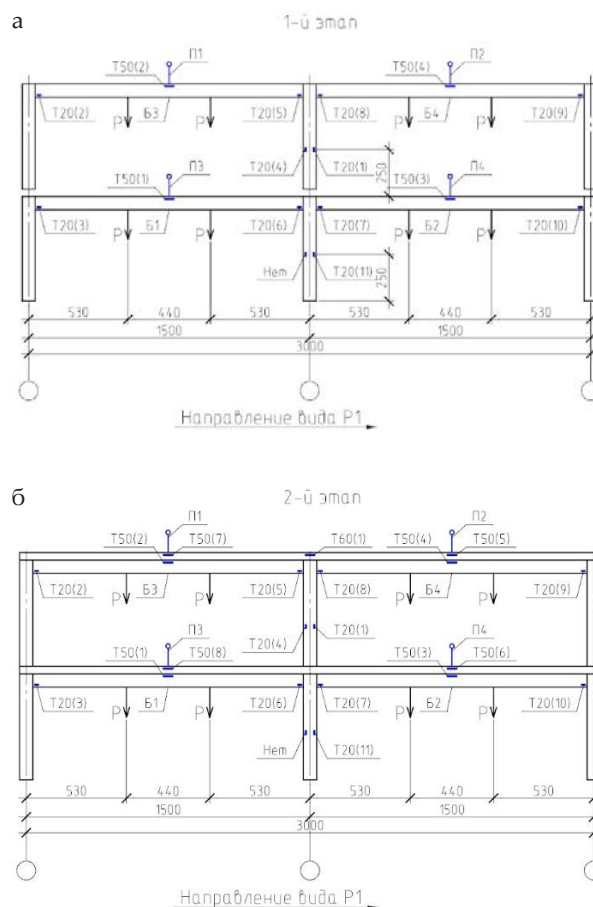


Рис. 2. Экспериментальная рама:
а – конструктивная схема на 1-м этапе;
б – конструктивная схема на 2-м этапе; в – фото
Fig. 2. Experimental frame:
a – constructive scheme at the 1st stage;
b – constructive scheme at the 2nd stage; c – photo

Результаты

В результате проведённых экспериментальных исследований:

- отсутствовал взаимный сдвиг монолитной и сборной частей, что указывает на возможность обеспечения совместного деформирования разновозрастных бетонов за счёт поперечной арматуры и сил трения и адгезии по поверхности сопряжения. Аналогичные результаты были получены ранее при проведе-

нии экспериментальных исследований сопряжения бетонов разного возраста и видов [7];

- после набора монолитным бетоном требуемой прочности (2-й этап) интенсивность роста прогибов и деформаций замедляется (в сравнении с 1-м этапом), что указывает на повышение жёсткости и несущей способности элементов и каркаса в целом после вовлечения в процесс деформирования монолитного бетона;

- образование первых трещин в ригелях рам происходило в рамках 1-го этапа загрузки. На 1-м этапе с шагом 70–100 мм образовывались волосяные трещины в середине пролёта сборных частей балок (рис. 3, а). Они распространялись на высоту 20–30 мм при ширине раскрытия не более 0,05 мм;

- исчерпания несущей способности ни в одном элементе рам не произошло, что указывает на достаточную несущую способность сборно-монолитного каркаса как на этапе монтажа, так и на этапе эксплуатации;

- на 2-м этапе увеличивается прогиб непосредственно загружаемых балок, в то время как в смежном пролёте в балках происходит выгиб. Этот факт указывает на неразрывность сборно-монолитной балки за счёт армированного монолитного бетона. На это указывает и полученный характер прироста прогибов. В первоначально загружаемых балках Б2 и Б4 прогибы 4,40 и 3,89 мм, однако после загрузки смежных балок прогибы уменьшились до 4,14 и 3,73 мм соответственно;

- трещины сборной части, образовавшиеся на 1-м этапе, в процессе загрузки на 2-м этапе получили большее раскрытие без существенного увеличения высоты и не достигая монолитного бетона. Над средней опорой в монолитном бетоне трещины образовывались при $P = 1,93$ кН и более (рис. 3, б) и по окончании 2-го этапа загрузки некоторые трещины полностью пересекли монолитный бетон, не проникая в сборную часть;

- в колоннах, балках на крайних опорах, а также в горизонтальном направлении, включая контактный шов, трещин не возникло.

Дополнительно проведены экспериментальные исследования сборно-монолитной балки. Особенностью исследований являлось то, что монтаж и вовлечение в восприятие нагрузки сборной части и бетона омоноличивания [9] происходили этапами. Исследования показали увеличение несущей способности, трещиностойкости, а также снижение итоговых прогибов в случае этапности монтажа и загрузки. Кроме того, были проведены численные исследования [10]. В ходе расчётов в программном комплексе монтаж и загрузка плоской рамы этапами также привели к существенной разни-

а



б

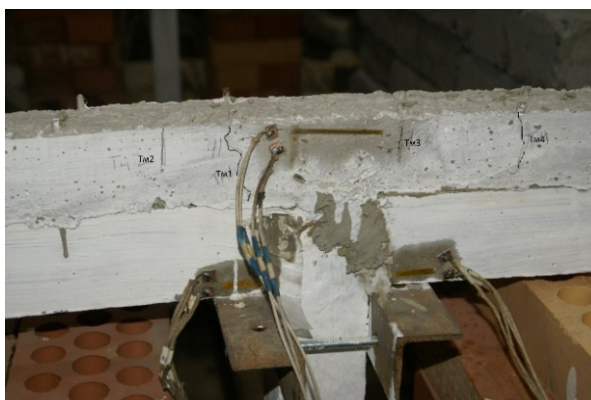


Рис. 3. Трещинообразование:

а – 1-й этап; б – 2-й этап

Fig. 3. Cracking: a – 1st stage; b – 2nd stage

це напряженно-деформированного состояния конструкций рамы при поэтапном вовлечении в процесс восприятия нагрузки сборной и монолитного бетонов.

В результате проведённых экспериментальных и численных исследований получено необходимое количество данных, позволяющих утверждать, что предлагаемое конструктивное решение сборно-монолитного каркаса с поэтапным возведением и загрузением обладает достаточной прочностью и жёсткостью для восприятия нагрузок стадий поэтапного монтажа и загрузки, а также эксплуатации.

Заключение

Предложенное конструктивное решение сборно-монолитного каркаса является достаточно эффективным для применения в холодных условиях строительства, так как работы по устройству монолитного бетона выполняются в короткий срок в тёплый период времени. Одновременно данная конструктивная система является достаточно жёсткой из-за жёсткости узлов сопряжения горизонтальных и верти-

кальных несущих элементов, а также неразрывности диска перекрытия, обладает более высокими показателями по тепло- и звукоизоляции перекрытия и покрытия, имеет меньшую массу в сравнении со зданиями из сборного и монолитного железобетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каинов Е.А. Анализ и оценка потребительских свойств объектов со сборно-монолитным каркасом с использованием метода экспертных оценок // Вестник современных исследований. 2019. № 18 (28). С. 83–88.
2. Зотеева Е.Э., Фомин Н.И. Новые технологические и конструктивные решения по устройству монолитных и сборно-монолитных перекрытий гражданских зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 2. С. 336–341.
3. Мордич А.И., Белевич В.Н., Симбиркин В.Н., Навой Д.И. Опыт практического применения и основные результаты натурных испытаний сборно-монолитного каркаса Бел-НИИС // Бюллетень строительной техники. 2004. № 8. С. 8–12.
4. Левиков А.В. Особенности применения часторебристых сборно-монолитных перекрытий в современном домостроении // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2022. № 3(15). С. 26–32. DOI: 10.46573/2658-7459-2022-3-26-32.
5. Рязанова Г.Н., Попова Д.М. Анализ существующих методов возведения конструкций из монолитного бетона и железобетона в зимних условиях // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 1. С. 16–23. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.3.
6. Шембаков В.А. Возможности инновационной промышленной технологии сборно-монолитного каркаса ГК «Рекон-СМК» // Жилищное строительство. 2023. № 3. С. 32–38. DOI: 10.31659/0044-4472-2023-3-32-38.
7. Фёдорова Н.В., Московцева В.С., Ветрова О.А., Григорьева М.И. Сборно-монолитный железобетонный каркас нового поколения для жилых и гражданских зданий повышенной живучести // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 6(1066). С. 24–26.
8. Koyankin A.A., Mitsov V.M., Tskhay T.A. Compatibility of precast heavy and monolithic lightweight concretes deforming. Magazine of Civil Engineering. 2018. N. 8(84). P. 162–172.
9. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of the precast monolithic bent element. Magazine of Civil Engineering. 2020. N. 97(5).
10. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place buildings. Magazine of Civil Engineering. 2017. N. 6. P. 175–184.

REFERENCES

1. Kainov E.A. Analysis and evaluation of consumer properties of objects with a prefabricated monolithic frame using the method of expert assessments. *Vestnik sovremennykh issledovaniy* [Bulletin of Modern Studies], 2019, no. 18(28), pp. 83–88. (in Russian)
2. Zoteeva E.E., Fomin N.I. New technological and constructive solutions for the construction of monolithic and prefabricated monolithic floors of civil buildings. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika* [Modern technologies in construction. Theory and practice], 2018, vol. 2, pp. 336–341. (in Russian)
3. Mordich A.I., Belevich V.N., Simbirkin V.N., Navoi D.I. Experience of practical application and the main results of field tests of a prefabricated monolithic frame of Bel-NIIS. *Byulleten' stroitel'noj tekhniki* [Construction machinery bulletin], 2004, no. 8, pp. 8–12. (in Russian)
4. Levikov A.V. Features of the use of ribbed prefabricated monolithic floors in modern housing construction. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Stroitel'stvo. Elektrotekhnika i himicheskie tekhnologii»* [Bulletin of the Tver State Technical University. The series "Construction. Electrical engineering and chemical technologies"], 2022, no. 3(15), pp. 26–32. (in Russian) DOI: 10.46573/2658-7459-2022-3-26-32
5. Ryazanova G.N., Popova D.M. Analysis of existing methods of construction from monolithic concrete and reinforced concrete in winter conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2018, vol. 8, no. 1, pp. 16–23. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.3
6. Shembakov V.A. Possibilities of innovative industrial technology of prefabricated monolithic frame of GC "Recon-SMK". *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2023, no. 3, pp. 32–38. (in Russian) DOI: 10.31659/0044-4472-2023-3-32-38
7. Fyodorova N.V., Moskvceva V.S., Vetrova O.A., Grigor'eva M.I. Prefabricated monolithic reinforced concrete frame of a new generation for residential and civil buildings of increased survivability. *BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki* [BST: Bulletin of construction equipment], 2023, no. 6(1066), pp. 24–26. (in Russian)
8. Koyankin A.A., Mitsov V.M., Tskhay T.A. Compatibility of precast heavy and monolithic lightweight concretes deforming. *Magazine of Civil Engineering*. 2018. N. 8(84). P. 162–172.
9. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of the precast monolithic bent element. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. N. 97(5).
10. Koyankin A.A., Mitsov V.M. Stress-strain state of precast and cast-in place buildings. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. N. 6. P. 175–184.

Об авторе:

КОЯНКИН Александр Александрович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры строительных конструкций
и управляемых систем
Сибирский федеральный университет
660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
E-mail: KoyankinAA@mail.ru

KOYANKIN Aleksandr Al.

PhD, Associate Professor, Associate Professor of the
Building Structures
and Controlled Systems Chair Siberian Federal University
660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny av., 79
E-mail: KoyankinAA@mail.ru

Для цитирования: *Коянкин А.А. Сборно-монолитный каркас, эффективный для применения в холодных условиях строительства // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 21–26. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.03.*

For citation: Koyankin A.A. Prefabricated monolithic frame, effective for use in cold construction conditions. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 21–26. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.03.

Принята: 10.10.2025 г.