

Н.В. ФЕДОРОВА<sup>1,2</sup>, С.Ю. САВИН<sup>1,2</sup>, В.И. КОЛЧУНОВ<sup>1,2</sup>,  
В.С. МОСКОВЦЕВА<sup>2</sup>, М.А. АМЕЛИНА<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и  
строительных наук, г. Москва, Россия

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия

## КОНСТРУКТИВНАЯ СИСТЕМА БЫСТРОВОВОЗВОДИМОГО ЗДАНИЯ ИЗ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПАНЕЛЬНО-РАМНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Аннотация.** Приведено новое конструктивное решение сборно-монолитного каркаса для быстровозводимых жилых и гражданских зданий разной этажности из промышленных железобетонных элементов заводского изготовления. Сборные конструкции каркаса включают в себя «L»-образные и перевернутые «П»-образные сборные элементы, устанавливаемые в продольном и поперечном направлениях и образующие стоечно-балочный каркас, многоярусные плиты и обвязочные перфорированные ригели наружного контура, на которые оперты ограждающие не несущие стеновые конструкции в пределах каждого этажа. Расчетная модель сборно-монолитного каркаса здания построена с использованием различной степени дискретизации на разных этапах расчета. Это позволило получить как общую картину деформирования конструктивной системы в предельных и запредельных состояниях, вызванных особыми и аварийными воздействиями, так и детальную картину напряженного состояния в бетоне и арматуре отдельных конструктивных элементов до и после образования трещин. Приведены результаты сопоставительного анализа эффективности применения предложенной конструктивной системы в массовом строительстве по сравнению с применяемыми конструкциями крупнопанельных зданий, показано, что применение предложенных конструкций из панельно-рамных элементов позволяет значительно снизить материалоемкость, стоимость и транспортные расходы железобетонного каркаса здания до 30%, при обеспечении его механической безопасности.

**Ключевые слова:** конструктивная система, быстрая возводимость, железобетон, промышленное домостроение, панельно-рамные элементы, расчетный анализ, конструктивная безопасность

N.V. FEDOROVA<sup>1,2</sup>, S.YU. SAVIN<sup>1,2</sup>, V.I. KOLCHUNOV<sup>1,2</sup>,  
V.S. MOSKOVITSEVA<sup>2</sup>, M.A. AMELINA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and  
Construction Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup>South-West State University, Kursk, Russia

## BUILDING STRUCTURAL SYSTEM MADE OF INDUSTRIAL FRAME- PANEL ELEMENTS

**Abstract.** The paper presents a new structural solution of the precast-monolithic frame for prefabricated residential and civil buildings of various storeys manufactured from prefabricated industrial reinforced concrete elements. The precast frame structures include L-shaped and inverted U-shaped precast elements, installed in the longitudinal and transverse directions and forming a frame, hollow-core slabs and bracing perforated beams of the outer contour, on which fencing non-bearing wall structures are supported within each storey. The computational model of the precast-monolithic building frame was developed using different degrees of discretization at different stages of the analysis. This allowed to obtain both a general picture of structural system deformation in the limiting and over limit states caused by special and emergency actions, and a detailed picture of the stressed state in concrete and reinforcement of structural elements before and after cracking.

© Федорова Н.В., Савин С.Ю., Колчунов В.И., Московцева В.С., Амелина М.А., 2023

*The paper provides the results of the comparative analysis of the effectiveness of application of the proposed structural system in the mass construction as compared with the applied constructions of large-panel buildings. It has been shown that the application of the proposed structures of panel-frame elements allows considerably reduce the material capacity, cost and transportation expenses of the reinforced concrete frame by up to 30 %, ensuring the mechanical safety of the building.*

**Keywords:** *structural system, fast construction, reinforced concrete, industrial housing construction, frame-panel elements, computational analysis, structural safety*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клюева Н.В., Колчунов В.И., Рыпаков Д.А., Бухтиярова А.С. Жилые и общественные здания из железобетонных панельно-рамных элементов индустриального производства // Жилищное строительство. 2015. № 5. С. 69-75.
2. Николаев С.В. Инновационная замена КПД на панельно-монолитное домостроение (ПМД) // Жилищное строительство. 2019. № 3. С. 3-10.
3. Николаев С.В. Новые подходы к развитию индустриального домостроения // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2019. № 12. С. 73-79.
4. Савин С.Ю. Устойчивость внецентренно сжатых железобетонных элементов при особых воздействиях с учетом деформаций сдвига // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 1. С. 49-58.
5. Травуш В.И., Шапиро Г.И., Колчунов В.И., Леонтьев Е.В., Федорова Н.В. Проектирование защиты крупнопанельных зданий от прогрессирующего обрушения // Жилищное строительство. 2019. № 3. С. 40-46.
6. Савин С.Ю., Федорова Н.В., Емельянов С.Г. Анализ живучести сборно-монолитных каркасов многоэтажных зданий из железобетонных панельно-рамных элементов при аварийных воздействиях, вызванных потерей устойчивости одной из колонн // Жилищное строительство. 2018. № 12. С. 3-7.
7. Колчунов В.И., Федорова Н.В., Савин С.Ю. Динамические эффекты в статически неопределимых физически и конструктивно нелинейных системах // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 9. С. 42-51
8. Демьянов А.И., Алькади С.А. Статико-динамическое деформирование железобетонных элементов пространственной рамы при их сложном сопротивлении // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 11 (719). С. 20-33.
9. Parisi F., Scalvenzi M. Progressive collapse assessment of gravity-load designed European RC buildings under multi-column loss scenarios // Engineering Structures. 2020. Vol. 209. Pp.110001.
10. Zhang W.X., Wu H., Zhang J.Y., Hwang H., Jong, Yi W.J. Progressive collapse test of assembled monolithic concrete frame spatial substructures with different anchorage methods in the beam-column joint // Advances in Structural Engineering. 2020. Vol. 23. No. 9. Pp.1785-1799.
11. Zhou. Y., Hu X., Pei Y., Hwang H.J., Chen T., Yi W., Deng L. Dynamic load test on progressive collapse resistance of fully assembled precast concrete frame structures // Engineering Structures. 2020. Vol. 214. Pp. 110675.
12. Xuan W., Wang L., Liu C., Xing G., Zhang L., Chen H. Experimental and theoretical investigations on progressive collapse resistance of the concrete-filled square steel tubular column and steel beam frame under the middle column failure scenario // Shock and Vibration. 2019. Vol. 2019. Pp. 1–12. doi:10.1155/2019/2354931
13. Lin K., Lu X., Li Y., Guan H. Experimental study of a novel multi-hazard resistant prefabricated concrete frame structure // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2019. Vol. 119. Pp. 390–407.
14. Соколов Б.С. Теоретические основы методики расчета штепсельных стыков железобетонных конструкций зданий и сооружений // Жилищное строительство. 2016. № 3. С. 60-63.
15. Колчунов В.И., Мартыненко Д.В. Деформирование и трещинообразование конструкции платформенного стыка в сборно-монолитном каркасе здания // Строительство и реконструкция. 2020. № 4 (90). С. 38-47.
16. Savin S, Kolchunov V, Fedorova N, Tuyen Vu N. Experimental and Numerical Investigations of RC Frame Stability Failure under a Corner Column Removal Scenario // Buildings. 2023. Vol. 13(4). Pp. 908. <https://doi.org/10.3390/buildings13040908>
17. Savin S.Y., Kolchunov V.I., Emelianov S.G. Modelling of resistance to destruction of multi-storey frame-connected buildings at sudden loss of bearing elements stability // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Novosibirsk. 2018. Pp. 012089.
18. Feng. F.F., Hwang H.J., Yi W.J. Static and dynamic loading tests for precast concrete moment frames under progressive collapse // Engineering Structures. 2020. Vol. 213. Pp.110612.
19. Кончковский З. Плиты. Статические расчеты. М.: Стройиздат, 1984. 480 с.
20. Adam J. M., Buitrago M., Bertolesi E., Sagasetta J., Moragues J.J. Dynamic performance of a real-scale reinforced concrete building test under a corner-column failure scenario // Engineering Structures. 2020. Vol. 210. Pp. 110414. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110414>

REFERENCES

1. Klyueva N.V., Kolchunov V.I., Rypakov D.A., Buhtiyarova A.S. Zhilye i obshchestvennye zdaniya iz zhelezobetonnyh panel'no-ramnyh elementov industrial'nogo proizvodstva [Residential and public buildings from reinforced concrete panel-frame elements of industrial production]. *Housing Construction*. 2015. No. 5. Pp. 69-75. (rus).
2. Nikolaev S.V. Innovacionnaya zamena KPD na panel'no-monolitnoe domostroenie (PMD) [Innovative replacement of large-panel housing construction by panel-monolithic housing construction (PMHC)]. *Housing Construction*. 2019. No. 3. Pp. 3-10. (rus).
3. Nikolaev S.V. Novye podhody k razvitiyu industrial'nogo domostroeniya [New approaches to the development of industrial housing construction]. *Construction: new technologies - new equipment*. 2019. No. 12. Pp. 73-79. (rus).
4. Savin S.YU. Ustojchivost' vnecentrenno szhatyh zhelezobetonnyh elementov pri osobyh vozdeystviyah s uchetom deformacij sdviga [Stability of eccentrically compressed reinforced concrete elements under special impacts with account taken of shear deformations]. *Vestnik MGSU*. 2021. Vol. 16. No. 1. Pp. 49-58. (rus).
5. Travush V.I., SHapiro G.I., Kolchunov V.I., Leont'ev E.V., Fedorova N.V. Proektirovanie zashchity krupnopanel'nyh zdaniy ot progressiruyushchego obrusheniya [Design of protection of large-panel buildings against progressive collapse]. *Housing Construction*. 2019. No. 3. Pp. 40-46. (rus).
6. Savin S.YU., Fedorova N.V., Emel'yanov S.G. Analiz zhivuchesti sborno-monolitnyh karkasov mnogoetazhnyh zdaniy iz zhelezobetonnyh panel'no-ramnyh elementov pri avariynyh vozdeystviyah, vyzvannyh poterej ustojchivosti odnoj iz kolonn [Survivability analysis of reinforced concrete frameworks of multi-storey buildings made of frame-panel elements using combination of prefabricated and monolithic concrete in case of accidental impacts caused by loss of stability of one of the columns]. *Housing Construction*. 2018. No. 12. Pp. 3-7. (rus).
7. Kolchunov V.I., Fedorova N.V., Savin S.YU. Dinamicheskie efekty v staticheskii neopredelimykh fizicheskii i konstruktivno nelineynykh sistemah [Dynamic effects in statically indeterminate physically and structurally nonlinear structural systems]. *Industrial and Civil Engineering*. 2022. No. 9. Pp. 42-51. (rus).
8. Dem'yanov A.I., Al'kadi S.A. Statiko-dinamicheskoe deformirovanie zhelezobetonnyh elementov prostranstvennoj ramy pri ih slozhnom soprotivlenii [Static-dynamic deformation of reinforced concrete elements of the spatial frame at their complex resistance]. *News of higher educational institutions. Construction* 2018. No. 11 (719). Pp. 20-33. (rus).
9. Parisi F., Scalvenzi M. Progressive collapse assessment of gravity-load designed European RC buildings under multi-column loss scenarios // *Engineering Structures*. 2020. Vol. 209. Pp. 110001.
10. Zhang W.X., Wu H., Zhang J.Y., Hwang H., Jong, Yi W.J. Progressive collapse test of assembled monolithic concrete frame spatial substructures with different anchorage methods in the beam-column joint. *Advances in Structural Engineering*. 2020. Vol. 23. No. 9. Pp. 1785-1799.
11. Zhou. Y., Hu X., Pei Y., Hwang H.J., Chen T., Yi W., Deng L. Dynamic load test on progressive collapse resistance of fully assembled precast concrete frame structures. *Engineering Structures*. 2020. Vol. 214. Pp. 110675.
12. Xuan W., Wang L., Liu C., Xing G., Zhang L., Chen H. Experimental and theoretical investigations on progressive collapse resistance of the concrete-filled square steel tubular column and steel beam frame under the middle column failure scenario. *Shock and Vibration*. 2019. Vol. 2019. Pp. 1-12. doi:10.1155/2019/2354931
13. Lin K., Lu X., Li Y., Guan H. Experimental study of a novel multi-hazard resistant prefabricated concrete frame structure. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2019. Vol. 119. Pp. 390-407.
14. Sokolov B.S. Teoreticheskie osnovy metodiki rascheta shtepsel'nyh stykov zhelezobetonnyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij [Theoretical basis of calculation methods of plug joints of reinforced concrete structures of buildings and constructions]. *Housing Construction*. 2016. No. 3. Pp. 60-63. (rus).
15. Kolchunov V.I., Martynenko D.V. Deformirovanie i treshchinoobrazovanie konstrukcii platformennogo styka v sborno-monolitnom karkase zdaniya [Deformation and cracking of the platform joint of the prefabricated-monolithic RC building frame] // *Building and Reconstruction*. 2020. No. 4 (90). Pp. 38-47. (rus).
16. Savin S, Kolchunov V, Fedorova N, Tuyen Vu N. Experimental and Numerical Investigations of RC Frame Stability Failure under a Corner Column Removal Scenario. *Buildings*. 2023. Vol. 13(4). Pp. 908. <https://doi.org/10.3390/buildings13040908>
17. Savin S.Y., Kolchunov V.I., Emelianov S.G. Modelling of resistance to destruction of multi-storey frame-connected buildings at sudden loss of bearing elements stability. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Novosibirsk, 2018. Pp. 012089.
18. Feng. F.F., Hwang H.J., Yi W.J. Static and dynamic loading tests for precast concrete moment frames under progressive collapse. *Engineering Structures*. 2020. Vol. 213. Pp. 110612.
19. Konchkovskij Z. Plity. Statische raschety. [Plates. Static calculations] Moscow: Strojizdat, 1984. 480 p. (rus).
20. Adam J.M., Buitrago M., Bertolesi E., Sagaseta J., Moragues J.J. Dynamic performance of a real-scale reinforced concrete building test under a corner-column failure scenario. *Engineering Structures*. 2020. Vol. 210. Pp. 110414. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110414>

**Информация об авторах:**

**Федорова Наталия Витальевна**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, Советник РААСН, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой архитектурно-строительного проектирования, директор филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия, ведущий научный сотрудник.

E-mail: [fenavit@mail.ru](mailto:fenavit@mail.ru)

**Савин Сергей Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия, старший научный сотрудник.

E-mail: [savinsyu@mgsu.ru](mailto:savinsyu@mgsu.ru)

**Колчунов Виталий Иванович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия, главный научный сотрудник.

E-mail: [asiorel@mail.ru](mailto:asiorel@mail.ru)

**Московцева Виолетта Сергеевна**

ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук», г. Москва, Россия, инженер.

E-mail: [lyavetka1@mail.ru](mailto:lyavetka1@mail.ru)

**Амелина Маргарита Андреевна**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ), г. Курск, Россия, студент кафедры уникальных зданий и сооружений ЮЗГУ.

E-mail: [margo.dremova@mail.ru](mailto:margo.dremova@mail.ru)

**Information about authors:**

**Fedorova Natalia V.**

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, Advisor to RAACS, doctor of technical sciences, professor, Head of the Department of Architectural and Construction Design, Director of the branch of Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU) in Mytishchi.

Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia, leading researcher.

E-mail: [fenavit@mail.ru](mailto:fenavit@mail.ru)

**Savin Sergey Yu.**

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, candidate of technical science, associate professor of the department of Reinforced Concrete and Masonry Structures.

Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia, senior researcher.

E-mail: [savinsyu@mgsu.ru](mailto:savinsyu@mgsu.ru)

**Kolchunov Vitaly Iv.**

Moscow State University of Civil Engineering (NRU MSUCE), Moscow, Russia, professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures.

Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia, chief researcher.

E-mail: [asiorel@mail.ru](mailto:asiorel@mail.ru)

**Moskovtseva Violetta S.**

Scientific Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia, Moscow, Russia, engineer.

E-mail: [lyavetka1@mail.ru](mailto:lyavetka1@mail.ru)

**Amelina Margarita A.**

South-West State University (SWSU), Kursk, Russia, student of the Department of Unique Buildings and Structures of South-Western State University.

E-mail: [margo.dremova@mail.ru](mailto:margo.dremova@mail.ru)