

В.И. КОЛЧУНОВ<sup>1,2</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН (НИИСФ), г. Москва, Россия

## МОДЕЛЬ ПЛАСТИЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Аннотация.** Рассмотрена модель пластичности железобетонных конструкций, построенная на преобразованиях интенсивности связи «напряжений - деформаций», путем проецирования тензоров этой связи, используя специальные переходы для главного угла деформаций, суммарных деформации сдвига и др. При этом определен модуль пластичности бетона, коэффициент поперечных деформаций и построены сложные функции для линейных и угловых деформаций в сечениях, учитывающие депланацию, градиенты-деформаций при образовании трещин и изменениях жесткости. Принятые для расчетной модели гипотезы определяют распределение силовых потоков – блоков для сжатого и растянутого бетона (первый объект), «магистральные трещины» из механики разрушения железобетона, сложные функции и двухконсольный элемент для моделирования деформационного эффекта железобетона, разработанного автором (второй объект). Сопротивление растянутого бетона передается на рабочую арматуру и моделируются с использованием суммарными средними значениями продольного и поперечного усилия, а также среднего приведенного коэффициента растянутого бетона. «Нагельный» эффект в арматуре пересекаемой трещиной получен с помощью модели второго уровня строительной механики для арматурного стержня с двумя зацементированными концами. Моделируется раскрытие трещины и сдвиг берегов трещины. Главный вектор усилий в арматуре характеризуется величинами продольных и поперечных перемещений (третий объект).

В сложном напряженном железобетонном элементе с пространственными трещинами матрица жесткости получена аппроксимацией прямоугольных поперечных сечений малыми квадратами.

**Ключевые слова:** модель пластичности, принцип, бетон, объекты железобетона, среда, макротрещины, дилатации.

V.I. KOLCHUNOV<sup>1</sup><sup>1</sup>Southwestern State University, Kursk, Russia<sup>2</sup>Scientific Research Institute of Construction Physics RAACS, Moscow, Russia

## PLASTICITY MODEL OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

**Abstract.** A model of plasticity of reinforced concrete structures is considered, based on the transformations of the intensity of the “stress-strain” connection by projecting the tensors of this connection, using special transitions for the main angle of deformations, total shear deformations, etc.). At the same time, the modulus of plasticity of concrete, the coefficient of transverse deformations are determined, and complex functions are constructed for linear and angular deformations in sections, taking into account deformation, gradients of deformations during the formation of cracks and stiffness changes. The hypotheses adopted for the calculation model determine the distribution of force flows - blocks for compressed and stretched concrete (first object), "main cracks" from the mechanics of destruction of reinforced concrete, complex functions and a two-cantilever element for modeling the deformation effect of reinforced concrete, developed by the author (second object). Tensile concrete resistance is transferred to the working reinforcement and is modeled using the sum of the average values of the longitudinal and transverse forces, as well as the average reduced coefficient of tension concrete. The "pin (nagel)" effect in the reinforcement crossed by a crack was obtained using the model of the second level of structural mechanics for a reinforcing bar with two pinched ends. The opening of the crack and the shift of the crack edges are simulated. The main force vector in the reinforcement is characterized by the values of longitudinal and transverse displacements (the third object).

**Keywords:** plasticity model, principle, concrete, objects of reinforced concrete, environments, macrocracks, dilatations.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: АСВ, 2004. 472 с.
2. Гольшев А.Б., Колчунов В.И. Сопротивление железобетона. К.: Основа, 2009. 432 с.
3. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 410 с.
4. Верюжский Ю.В., Гольшев А.Б., Колчунов В.И., Ключева Н.В., Лисицин Б.М., Машков И.Л., Яковенко И.А. Справочное пособие по строительной механике. В двух томах.: Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ, 2014. 432 с.
5. Колчунов В.И., Федоров В.С. Понятийная иерархия моделей в теории сопротивления строительных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 8. С. 16-23. <https://doi.org/10.33622/0869-7019.2020.08.16-23>.
6. Верюжский Ю.В., Колчунов В.И. Методы механики железобетона. Учебное пособие. - К.: Книжное издательство НАУ, 2005. 653 с.
7. Травуш В.И., Карпенко Н.И., Колчунов В.И., Каприелов С.С., Демьянов А.И., Конорев А.В. Результаты экспериментальных исследований конструкций квадратного и коробчатого сечений из высокопрочного бетона при кручении с изгибом // Строительство и реконструкция. 2018. № 6(80). С. 32-43.
8. Баширов Х.З., Колчунов В.И., Федоров В.С., Яковенко И.А. Железобетонные составные конструкции зданий и сооружений. М.: АСВ, 2017. 248 с.
9. Гольшев А.Б., Колчунов В.И. Сопротивление железобетонных конструкций, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях (монография). Киев: Основа, 2010, 286 с.
10. Гольшев А.Б., Колчунов В.И., Яковенко И.А. Сопротивление железобетонных конструкций, зданий и сооружений, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях. Киев: Талком, 2015. 371 с.
11. Петров В.В. Нелинейная инкрементальная строительная механика. М.: Инфра-Инженерия, 2014. 480 с.
12. Петров В.В., Селяев П.В. Инкрементальная модель взаимодействия нелинейно деформируемых материалов с агрессивными средами // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций. Саранск: Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2014. С. 145-151.
13. Петров В.В. Методы выделения главной части решения при расчете нелинейно деформируемых балок // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 3(61). С. 160-169.
14. Колчунов В.И. Физическая суть сопротивления бетона и железобетона от дислокаций до трещин // Строительство и реконструкция. 2022. № 4(102). С. 15-35.
15. Гениев Г.А., Колчунов В.И., Ключева Н.В., Никулин А.И., Пятикрестовский К.П. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях. М.: АСВ, 2004. 216 с.
16. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1974, 316 с.
17. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов (к СНиП 2.03.01-84\*). – Часть 2. М.: ЦИТП Госостя СССР, 1988. 144 с.
18. Колчунов В.И., Демьянов А.И., Протченко М.В. Моменты в железобетонных конструкциях при изгибе с кручением // Строительство и реконструкция. 2021. № 3 (95). С. 25-44.
19. Колчунов В.И., Аль-Хашими О.И., Протченко М.В. Жесткость железобетонных конструкций при изгибе поперечной и продольной силами // Строительство и реконструкция. 2021. № 6(98). С. 5-19.
20. Боришанский М.С. Расчет железобетонных элементов при действии поперечных сил // Расчет и конструирование элементов железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1964. С. 122-143.

REFERENCES

1. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Calculation models of the force resistance of reinforced concrete. M.: ASV, 2004. 472 p.
2. Golshev A.B., Kolchunov V.I. Reinforced concrete resistance. K: Osnova, 2009. 432 p.
3. Karpenko N.I. General models of reinforced concrete mechanics. M.: Stroyizdat, 1996. 410 p.
4. Veryuzhsky Yu.V., Golshev A.B., Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Lisitsin B.M., Mashkov I.L., Yakovenko I.A. Reference manual on structural mechanics. In two volumes. M.: ASV, 2014. 432 p.
5. Kolchunov V.I., Fedorov V.S. Conceptual hierarchy of models in the theory of resistance of building structures // Industrial and civil engineering. 2020. No. 8. Pp. 16–23.
6. Veryuzhskij YU.V., Kolchunov V.I. Methods of mechanics of reinforced concrete. K.: NAU, 2005. 653 p.
7. Travush V.I., Karpenko N.I., Kolchunov V.I., Kaprielov S.S., Demyanov A.I., Konorev A.V. The results of experimental studies of structures square and box sections in torsion with bending // Building and reconstruction. 2018. No. 6(80). Pp. 32-43.
8. Bashirov H.Z., Kolchunov V.I., Fedorov V.S., Yakovenko I.A. Reinforced Concrete Composite Structures of Buildings and Structures. M.: ABC, 2017. 248 p.

9. Golyshev A.B., Kolchunov V.I. Resistance of reinforced concrete structures erected in complex engineering and geological conditions. Kiev: Osnova, 2010. 286 p.
10. Golyshev A.B., Kolchunov V.I., Yakovenko I.A. Resistance of reinforced concrete structures, buildings and structures erected in complex engineering and geological conditions. Kiev: Talkom, 2015. 371 p.
11. Petrov V.V. Nonlinear incremental structural mechanics. Moscow: Infra-Engineering, 2014. 480 p.
12. Petrov V.V., Selyaev P.V. Incremental Model of Interaction of Nonlinearly Deformable Materials with Aggressive Medium // Durability of Building Materials, Products and Constructions. Saransk: N.P. Ogarev Mordovian State University, 2014. Pp. 145-151.
13. Petrov V.V. Methods of selecting the main part of the solution in the calculation of nonlinearly deformed beams // Bulletin of the Saratov State Technical University. 2011. No. 3(61). Pp. 160-169.
14. Kolchunov V.I. Physical essence of resistance of concrete and reinforced concrete from dislocations to cracks // Building and reconstruction. 2022. No. 4(102). Pp. 15-35.
15. Geniev G.A., Kolchunov V.I., Klyueva N.V., Nikulin A.I., Pyatikrestovsky K.P. Strength and Deformability of Reinforced Concrete Structures under Beyond Design Influences. Moscow: ABC, 2004. 216 p.
16. Geniev G.A., Kissyuk V.N., Tyupin G.A. Theory of Plasticity of Concrete and Reinforced Concrete. M.: Stroyizdat, 1974. 316 p.
17. Design Guide for Prestressed Reinforced Concrete Structures of Heavy and Light Concrete (to SNiP 2.03.01-84\*). - Part 2. M. Moscow: Central Institute of Reinforced Concrete of the USSR State Committee for Standardization, 1988. 144 p.
18. Kolchunov V.I., Demyanov A.I., Protchenko M.V. Moments in reinforced concrete structures under bending with torsion // Construction and Reconstruction. 2021. No. 3 (95). Pp. 25-44.
19. Kolchunov V.I., Al-Hashimi O.I., Protchenko M.V. Stiffness of reinforced concrete structures under bending with transverse and longitudinal forces // Building and Reconstruction. 2021. No. 6(98). Pp. 5-19.
20. Borishansky M.S. Calculation of reinforced concrete elements under the action of transverse forces // Calculation and design of elements of reinforced concrete structures. M.: Stroyizdat, 1964. Pp. 122-143.

### Информация об авторе:

#### **Колчунов Владимир Иванович**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия,  
член-корреспондент РААСН, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры уникальных зданий и сооружений.

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН, г. Москва, Россия,  
главный научный сотрудник.

E-mail: [vlik52@mail.ru](mailto:vlik52@mail.ru)

### Information about author:

#### **Kolchunov Vladimir Iv.**

Southwestern state university, Kursk, Russia,  
corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Unique Buildings and Structures.

Scientific Research Institute of Construction Physics RAACS, Moscow, Russia,  
principal researcher.

E-mail: [vlik52@mail.ru](mailto:vlik52@mail.ru)