

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, г. Москва, Россия

## ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ОТ ДИСЛОКАЦИЙ ДО ТРЕЩИН

**Аннотация.** Для структуры кристаллов двухкомпонентного материала (бетона и стали) разработана общая деформационная модель октаэдрических граней при чистых сдвигах равных  $0,6 R_{bt}$  во всех плоскостях. При этом в теле шара скольжения от предельных касательных напряжений записано выражение для суммирования его объемных секторов, шара, различных уровней, рассмотрена также альтернатива, принадлежащая профессору В.В. Новожилову в виде энергетической интерпретации для интеграла среднего квадратичного значения касательных напряжений. Показан вариант получения в зоне микротрещины угловые и линейные деформации, при повышении интенсивности микротрещинообразования в представительном объеме бетона. Для магистральных трещин в механике разрушения железобетона предложены двухконсольные элементы. Моделирующая область растяжения, сжатия, поперечного сдвига и кручения для внутренних параметров в окрестности макротрещины.

В качестве условия прочности бетона используется предельное значение интенсивности касательных напряжений и интенсивности деформаций сдвига для рассматриваемого вида напряженного состояния.

В свете рассматриваемого подхода дана физическая интерпретация модуля дилатации бетона и предложена алгебраическая функция для описания этого параметра. Определен коэффициент поперечных деформаций бетона на разных уровнях нагружения от бетона в стадиях от уровня микротрещин до макротрещин.

**Ключевые слова:** модель, внутренние напряжения, принцип, бетон, железобетонные конструкции, дислокации, трещины, дилатации.

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

## DEFORMATION MODEL OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES' RESISTANCE - FROM DISLOCATIONS TO CRACKS

**Abstract.** The article provides a model of "internal stresses" for concrete matrix of reinforced concrete structures from dislocations, microcracks to macrocracks. The energy theory on the surface of the sphere and the definition of the integral for the mean square value of tangential stresses from plasticity theory are used. An alternative to the general model of the "eight" in the form of a paraboloid from the summation of the volume sectors, levels - radii for the matrix of sliding planes (including octahedral and pure shear) is developed. In the environment of different materials, the model is constructed based on the structure of crystals and dislocations from microcracks to macrocracks, and its working assumptions are formulated. The important principle for displacement (deformation) processes of summation and reduction of relaxing stresses from the stress-strain diagram of concrete is taken into account. The internal total stresses at the rupture of the "figure of eight" (of two contour rings) are obtained for combinations of tetrahedrons or layers-strips from the tangle-paraboloid. The lower boundaries of concrete micro-cracking depend on stresses (deformations), growth rate, energy in crack advancement for a prism or a standard "figure of eight". Displacements from shear, opening widths and crack development heights are obtained from the criteria and connecting parameters in a "representative" volume of concrete. As a result, the dilatation moduli for the stages of the stress-strain

*state of reinforced concrete are determined, and the equality for the second stage and the dual console elements from the fracture mechanics are obtained.*

**Keywords:** *model, internal stresses, principle, concrete, reinforced concrete structures, dislocations, cracks, 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. Кадашевич Ю.И., Новожилов В.В. Теория пластичности, учитывающая остаточные микронапряжения // Прикладная математика и механика. 1958. № 1. С. 78–89.
13. Бараз В.Р., Левченко В.П., Повзнер А.А. Строение и физические свойства кристаллов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 164 с.
14. Остаповец А., Пайдар В. Оценка напряжения Пайерлса для граничных дислокаций // Физика металлов и металловедение. 2011. № 3. С. 235-241.
15. Благовещенский В.В., Панин И.Г. Исследование модели дислокационного источника Франка-Рида // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. 2012. № 1. С. 40-45.
16. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1974. 316 с.
17. Митасов В.М., Стаценко Н.В. Особенности развития трещин в железобетонных балках с организованными трещинами // Политранспортные системы. Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения. 2020. С. 230-235.
18. Митасов В.М. Образование и развитие стохастических трещин в хрупких и квазихрупких материалах (на примере железобетонных конструкций) // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-24-2018). Томск: Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2018. С. 105-109.
19. 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.
20. Петров В.В. Методы выделения главной части решения при расчете нелинейно деформируемых балок // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 3(61). С. 160-169.
21. 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.
22. Колчунов В.И. Физическая суть сопротивления бетона и железобетона от дислокаций до трещин // Строительство и реконструкция. 2022. № 4(102). С. 15-35.

## REFERENCES

1. Bondarenko V.M., Kolchunov V.I. Calculation models of the force resistance of reinforced concrete. M.: ASV, 2004. 472 p.

2. Golyshev 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. Veryuzhskiy Yu.V., Golyshev 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 structur. 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.: ACB, 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. Kadashovich Yu.I., Novozhilov V.V. The theory of plasticity, taking into account residual microstresses // Applied mathematics and mechanics. 1958. No. 1. Pp. 78-89.
13. Baraz V.R., Levchenko V.P., Povzner A.A. Structure and physical properties of crystals Ekaterinburg: UGTU-UPI, 2009. 164 p.
14. Ostapovets A., Paydar V. Evaluation of Pyerls stress for boundary dislocations // Physics of Metals and Metal Science. 2011. No. 3. Pp. 235-241.
15. Blagoveschensky V.V., Panin I.G. Study of Frank–Read dislocation source model // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Materials of Electronics Engineering. 2012. No. 1. Pp. 40-45.
16. Geniev G.A., Kissyuk V.N., Tyupin G.A. Theory of Plasticity of Concrete and Reinforced Concrete. M: Stroyizdat, 1974. 316 p.
17. Mitasov V.M., Statsenko N.V. Peculiarities of Cracking Development in Reinforced Concrete Beams with Organized Cracks // Polytransport Systems. Novosibirsk: Siberian State University of Railway Transport, 2020. Pp. 230-235.
18. Mitasov V.M. Formation and development of stochastic cracks in brittle and quasi-brittle materials (on the example of reinforced concrete structures) // Natural and intellectual resources of Siberia (SIBRESURS-24-2018). Tomsk: Publishing house of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 2018. Pp. 105-109.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.

**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,  
ведущий 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 RAASN, Moscow, Russia,  
leading researcher.

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