

М.В. МОРГУНОВ<sup>1</sup>, Д.А. МАСЛОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия

## НОРМИРУЕМЫЕ ДЕФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ПО РАСЧЕТУ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

***Аннотация.** В исследовании проводится подробный анализ применения нормируемых деформационных моделей в целях практического вычисления такой расчетной характеристики, как трещиностойкость у железобетонных элементов. Для теоретической проверки значений момента трещинообразования используется два метода расчета, основанных на применении упругопластического момента сопротивления сечения и нелинейной деформационной модели. Также применяется сравнительный анализ расчетных значений с экспериментальными данными.*

*В ходе теоретических исследования момента трещинообразования с использованием данных методик сделаны и анализом экспериментальных данных сделаны следующие выводы. Расчетное значение в процессе применения упругопластического момента и двухлинейной диаграммы состояния бетона не превышает экспериментальные и обладают запасом в пределах 10%.*

***Ключевые слова:** момент трещинообразования, упругопластический момент сопротивления сечения, железобетонная балка, прямоугольное сечение, нелинейная деформационная модель, диаграмма состояния бетона.*

M.V. MORGUNOV<sup>1</sup>, D.A. MASLOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bryansk State Engineering Technological University, Bryansk, Russia

## NORMALIZED DEFORMATION MODELS FOR THE CALCULATION OF CRACKING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

***Abstract.** The study provides a detailed analysis of the application of normalized deformation models in order to practically calculate such a design characteristic as crack resistance in reinforced concrete elements. For theoretical verification of the values of the moment of cracking, two calculation methods are used, based on the application of the elastic-plastic moment of cross-section resistance and a nonlinear deformation model. A comparative analysis of calculated values with experimental data is also used.*

*In the course of theoretical studies of the moment of cracking using these techniques, the following conclusions were made and the analysis of experimental data was made. The calculated value during the application of the elastic-plastic moment and the two-line diagram of the state of concrete does not exceed the experimental ones and has a margin of 10%.*

***Keywords:** cracking moment, elastic-plastic moment of cross-section resistance, reinforced concrete beam, rectangular cross-section, nonlinear deformation model, concrete state diagram.*

© Моргунов М.В., Маслов Д.А., 2022

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khabidolda O., Bakirov ZH.B., Nuguzhinov Zh.S., Vatin N.I. Determining stress intensity factor in bending reinforced concrete beams // Bulletin of the Karaganda University. 2019. N. 4 (96). P. 90-98.
2. Овакимян С.С., Трекин С.С. Исследование трещинообразования изгибаемых железобетонных элементов // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 34. С. 340-343.

3. Колчунов В.И., Федорова Н.В. Некоторые проблемы живучести железобетонных конструктивных систем при аварийных воздействиях // Вестник НИЦ Строительство. 2018. № 1 (16). С. 115-119.
4. Моргунов М.В. Расчет момента трещинообразования изгибаемого бетонного элемента, армированного стеклопластиковой арматурой // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. № 1. Т. 23. С. 64-73.
5. Колчунов В.И., Колчунов В.И., Федорова Н.И. Деформационные модели железобетона при особых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С. 54-60.
6. Колчунов В.И., Кузнецова К.Ю., Федоров С.С. Модель критерия трещиностойкости и прочности плосконапряженных конструкций из высокопрочного фибробетона и фиброжелезобетона // Строительство и реконструкция. 2021. № 3 (95). С. 15-26.
7. Toshin D.S. Perspectives of the application for the nonlinear deformation model in the calculations of reinforced concrete elements // Material science forum. 2019. V. 974. Pp. 505-509.
8. Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Никитин И.К., Соседов К.Е. Практические методы и примеры расчета железобетонных конструкций из тяжелого бетона по СП 63.13330. Монография. М.: ООО «Бумажник». 2017. С.61-83.
9. Ерышев В.А. Численные методы расчета прочности железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели с использованием диаграмм деформирования модели // Вестник НГИЭИ. 2018. №6(85). С. 17-26.
10. Никулина Ю.А. Использование нелинейной деформационной расчетной модели для определения трещиностойкости железобетонных предварительно напряженных балок // Сборник докладов международного студенческого строительного форума. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. С. 133-140.
11. Карпенко Н.И., Белостоцкий А.М., Павлов А.С., Акимов П.А., Карпенко С.Н., Петров А.Н. Обзор моделей деформирования железобетона, учитывающих процессы трещинообразования. Часть 1: Разборки отечественных ученых // Сборник научных трудов РААСН. Москва: РААСН. 2020. С. 231-240.
12. Карпенко Н.И., Белостоцкий А.М., Павлов А.С., Акимов П.А., Карпенко С.Н., Петров А.Н. Обзор моделей деформирования железобетона, учитывающих процессы трещинообразования. Часть 2: разработки зарубежных ученых // Сборник научных трудов РААСН. Москва: РААСН, 2020. С. 241-254.
13. Гипотеза плоских сечений и принцип Сен-Венана. [Электронный ресурс]. URL:[https://scask.ru/c\\_book\\_rbt.php?id=103](https://scask.ru/c_book_rbt.php?id=103)
14. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения СНиП 52-01-2003. М.: Стандартинформ, 2019.
15. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М.: ГУП НИИЖБ Госстроя России, 2003.
16. СП 52-102-04. Предварительно напряженные железобетонные конструкции. М.: ГУП НИИЖБ Госстроя России, 2003.
17. Карпенко Н.И. Соколов Б.С., Радайкин О.В. Проектирование бетонных, железобетонных, каменных и армокаменных элементов и конструкций с применением диаграммных методов расчета. Монография. М.: АСВ. 2019. С. 18-22.
18. Окосок С.А. Расчет момента трещинообразования железобетонного элемента без предварительного напряжения арматуры на основании требований СП 63.13330.2012 // Строительство и реконструкция. 2015. № 6(62). С. 14-20.
19. Гаджиева У.М. Расчет железобетонных элементов круглого поперечного сечения по нелинейной деформационной модели // Эксперт: теория и практика. 2021. № 5 (14). С. 13-20.
20. Orbul E. Dmitriev D., Fan Van Fuk. Practical calculation of flexible elements using a model of nonlinear deformation on the example of a typical RGD beam 4, 56-90 // Architecture and Engineering. 2018. No. 3. Pp. 29-41.
21. Сейфуллаев Х.К., Гараев А.Н. Приложение нелинейной деформационной модели к расчету изгибаемых железобетонных элементов // Science of Europe. 2018. № 33. С. 51-60.
22. Ерышев В.А., Косков М.Ю. К методике определения момента трещинообразования изгибаемых железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели // Вестник НГИЭИ. 2017. № 12 (79). С. 32-42.

## REFERENCES

1. Khabidolda O., Bakirov ZH.B., Nuguzhinov Zh.S., Vatin N.I. Determining stress intensity factor in bending reinforced concrete beams // Bulletin of the Karaganda University. 2019. No. 4 (96). P. 90-98.
2. Ovakimyan S.S., Trekin S.S. Issledovanie treshchinoobrazovaniya izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov [Investigation of crack formation of bent reinforced concrete elements]// Innovacii. Nauka. Obrazovanie. 2021. No. 34. Pp. 340-343. (rus)
3. Kolchunov V.I., Fedorova N.V. Nekotorye problemy zhivuchesti zhelezobetonnykh konstruktivnykh sistem pri avariynnykh vozdeystviyakh [Some problems of survivability of reinforced concrete structural systems during emergency impacts] // Vestnik NIC Stroitel'stvo. 2018. No. 1 (16). Pp. 115-119. (rus)

4. Morgunov M.V. Raschet momenta treshchinoobrazovaniya izgibaemogo betonogo elementa, armirovannogo stekloplastikovoj armaturoj [Calculation of the moment of cracking of a bent concrete element reinforced with fiberglass reinforcement] // Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2019. No. 1. Pp.64-73. (rus)
5. Kolchunov V.I., Kolchunov V.I., Fedorova N.I. Deformacionnye modeli zhelezobetona pri osobyh vozdeystviyah [Deformation models of reinforced concrete under special influences] // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2018. No. 8. Pp. 54-60. (rus)
6. Kolchunov V.I., Kuznecova K.YU., Fedorov S.S. Model' kriteriya treshchinostojkosti i prochnosti ploskonapryazhennykh konstrukcij iz vysokoprochnogo fibrobetona i fibrozhelezobetona [A model of the crack resistance criterion and the strength of flat-stressed structures made of high-strength fibroconcrete and fibro-reinforced concrete] // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2021. No. 3 (95). Pp. 15-26. (rus)
7. Toshin D.S. Perspectives of the application for the nonlinear deformation model in the calculations of reinforced concrete elements // Material science forum. 2019. Vol. 974. Pp. 505-509.
8. Kodysh E.N., Trekin N.N., Nikitin I.K., Sosedov K.E. Prakticheskie metody i primery rascheta zhelezobetonnih konstrukcij iz tyazhelogo betona po SP 63.13330 [Practical methods and examples of calculation of reinforced concrete structures made of heavy concrete according to SP 63.13330]. M.: «Bumazhnik». 2017. Pp. 61-83. (rus)
9. Eryshev V.A. CHislennye metody rascheta prochnosti zhelezobetonnih elementov po nelinejnoj deformacionnoj modeli s ispol'zovaniem diagramm deformirovaniya modeli [Numerical methods for calculating the strength of reinforced concrete elements according to a nonlinear deformation model using model deformation diagrams] // Vestnik NGIEI. 2018. No. 6 (85). Pp. 17-26. (rus)
10. Nikulina YU.A. Ispol'zovanie nelinejnoj deformacionnoj raschetnoj modeli dlya opredeleniya treshchinostojkosti zhelezobetonnih predvaritel'no napryazhennykh balok [Using a nonlinear deformation calculation model to determine the crack resistance of reinforced concrete prestressed beams] // Sbornik dokladov mezhdunarodnogo studencheskogo stroitel'nogo foruma. Belgorod: BGTU im. V.G. SHuhova. 2018. Pp. 133-140. (rus)
11. Karpenko N.I., Belostockij A.M., Pavlov A.S., Akimov P.A., Karpenko S.N., Petrov A.N. Obzor modelej deformirovaniya zhelezobetona, uchityvayushchih processy treshchinoobrazovaniya. CHast' 1: Razborki otechestvennyh uchenyh [Review of reinforced concrete deformation models that take into account the processes of cracking. Part 1: Disassembly of domestic scientists]// Sbornik nauchnyh trudov RAASN. Moskva: RAASN. 2020. Pp.231-240. (rus)
12. Karpenko N.I., Belostockij A.M., Pavlov A.S., Akimov P.A., Karpenko S.N., Petrov A.N. Obzor modelej deformirovaniya zhelezobetona, uchityvayushchih processy treshchinoobrazovaniya. CHast' 2: razrabotki zarubezhnyh uchenyh [Review of reinforced concrete deformation models that take into account the processes of cracking. Part 2: developments of foreign scientists] // Sbornik nauchnyh trudov RAASN. Moskva: RAASN. 2020. Pp. 241-254. (rus)
13. The hypothesis of plane sections and the Saint-Venant principle. [Online]. URL:[https://scask.ru/c\\_book\\_rbt.php?id=103](https://scask.ru/c_book_rbt.php?id=103) (date of application 17.02.2022).
14. SP 63.13330.2018. Betonnye i zhelezobetonnnye konstrukcii. Osnovnye polozheniya SNiP 52-01-2003 [Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions of SNiP 52-01-2003]. M.: Standartinform. 2019. (rus)
15. SP 52-101-2003. Betonnye i zhelezobetonnnye konstrukcii bez predvaritel'nogo napryazheniya armatury [SP 52-101-2003. Concrete and reinforced concrete structures without prestressing the reinforcement]. M.: GUP NIIZH Gosstroya Rossii. 2003. (rus)
16. SP 52-102-04. Predvaritel'no napryazhennye zhelezobetonnnye konstrukcii [SP 52-102-04. Prestressed reinforced concrete structures]. M.: GUP NIIZH Gosstroya Rossii, 2003. (rus)
17. Karpenko N.I. Proektirovanie betonnyh, zhelezobetonnnyh, kamennyh i armokamennyh elementov i konstrukcij s primeneniem diagrammnyh metodov rascheta. Monografiya [Design of concrete, reinforced concrete, stone and reinforced stone elements and structures using diagrammatic calculation methods]. M.: ASV. 2019. Pp. 18-22. (rus)
18. Okusok S.A. Raschet momenta treshhinoobrazovaniya zhelezobetonnogo jelementa bez predvaritel'nogo napryazheniya armatury na osnovanii trebovanij SP 63.13330.2012 [Calculation of the moment of cracking of a reinforced concrete element without prestressing reinforcement based on the requirements of SP 63.13330.2012] // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2015. No. 6. Pp. 14-20. (rus)
19. Gadzhieva U.M. Raschet zhelezobetonnnyh elementov kruglogo poperechnogo secheniya po nelinejnoj deformacionnoj modeli [Calculation of reinforced concrete elements of circular cross-section by nonlinear deformation model] // Ekspert: teoriya i praktika. 2021. No. 5 (14). Pp. 13-20. (rus)
20. Opubl E, Dmitriev D., Fan Van Fuk. Practical calculation of flexible elements using a model of nonlinear deformation on the example of a typical RGD beam 4,56-90 // Architecture and Engineering. 2018. No. 3. Pp. 29-41.
21. Sejfullaev H.K., Garaev A.N. Prilozhenie nelinejnoj deformacionnoj modeli k raschetu izgibaemyh zhelezobetonnnyh elementov [Application of a nonlinear deformation model to the calculation of bent reinforced concrete elements] // Science of Europe. 2018. No. 33. Pp. 51-60. (rus)

22. Eryshev V.A., Koskov M.YU. К методике определения момента трещинообразования изгибаемых железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели [To the method of determining the moment of cracking of bent reinforced concrete elements by a nonlinear deformation model] // Vestnik NGIEI. 2017. No. 12 (79). Pp. 32-42. (rus)

**Информация об авторах:**

**Моргунов Михаил Валерьевич**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия, кандидат технических наук, доцент кафедры строительные конструкции.

E-mail: [5555@bk.ru](mailto:5555@bk.ru)

**Маслов Дмитрий Андреевич**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Россия, магистрант кафедры строительные конструкции.

E-mail: [maslov0707@gmail.com](mailto:maslov0707@gmail.com)

**Information about authors:**

**Morgunov Mikhail V.**

Bryansk State Engineering Technological University, Bryansk, Russia, candidate of technical science, associated professor of the department of building constructions.

E-mail: [5555@bk.ru](mailto:5555@bk.ru)

**Maslov Dmitry An.**

Bryansk State Engineering Technological University, Bryansk, Russia, master student of the department of building constructions.

E-mail: [maslov0707@gmail.com](mailto:maslov0707@gmail.com)