

С.А. БУЛКИН¹

¹ЗАО «ГОРПРОЕКТ», г. Москва, Россия

РАСЧЕТ СЛОЖНОНАПРЯЖЕННОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ КОРОБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается расчетная модель сложного сопротивления железобетонных конструкций коробчатого сечения, испытывающих совместное действие изгибающих и крутящих моментов, продольных и поперечных сил в стадии после образования пространственных трещин.

Расчетная модель позволяет учитывать все основные внешние воздействия для железобетонного стержневого элемента коробчатого прямоугольного сечения: крутящий (T) и изгибающий (M) моменты, поперечную (Q) и продольную (N) силы. При этом действие крутящего момента и поперечной силы сводится к действию потока касательных сил по прямоугольному контуру сечения.

Ключевые слова: железобетон, балка, коробчатое сечение, кручение, изгиб, продольная и поперечная силы.

S.A. BULKIN¹

¹ZAO «GORPROJECT», Moscow, Russia

CALCULATION MODEL OF REINFORCED CONCRETE BOX GIRDER UNDER COMBINED TORSION, SHEAR AND BENDING

Abstract. The article provides a calculation model of the complex resistance of reinforced concrete box-section structures on the combined action of bending and torsional moments, longitudinal and shear forces after the formation of spatial cracks.

The calculation model allows taking into account all the main external influences for a reinforced concrete element of a box rectangular cross section: torsional (T) and bending (M) moments, shear (Q) and longitudinal (N) forces. In this case, the action of the torsion and the shear force is reduced to the action of the flow of tangential forces along the rectangular contour of the section.

Keywords: reinforced concrete structures, beam, box cross section, torsion, bending, longitudinal and shear forces.

© Булкин С.А., 2022

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков В.Н., Елагин Э.Г., Вернигор В.А., Туров А.И. Влияние ядра сечения на деформативность железобетонного стержня прямоугольного поперечного сечения при кручении // Сопротивление железобетонных элементов силовым воздействиям. Ростов н/д: РИСИ. 1985. С. 42-48.
2. Гвоздев А.А. Расчет несущей способности по методу предельного равновесия. М.: Стройиздат, 1949. 279 с.
3. Морозов В.И., Бахотский И.В. К расчету фиброжелезобетонных конструкций, подверженных совместному воздействию кручения с изгибом // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С.109.
4. Федоров В.С., Колчунов Вл.И., Покусаев А.А. Расчет расстояния между пространственными трещинами и ширины их раскрытия в железобетонных конструкциях при кручении с изгибом (случай 2) // Жилищное строительство. 2016. №5. С. 16–21

5. Adheena Thomas, Afia S Hameed. An Experimental Study On Combined Flexural And Torsional Behaviour Of RC Beams // International Research Journal of Engineering and Technology. 2017. Vol. 04. No. 05. Pp.1367–1370.
6. Mostofinejad D., Talaeitaba S.B. Nonlinear Modeling of RC Beams Subjected to Torsion using the Smeared Crack Model // Procedia Engineering 14 (2011) 1447-1454. Elsevier Ltd. 2011. Pp.1447-1454.
7. G. Klein, G. Lucier, S. Rizkalla, P. Zia and H. Gleich. Torsion simplified: a failure plane model for design of spandrel beams // ACI Concrete International Journal, February 2012. Pp.1-8.
8. Ilker Kalkan, Saruhan Kartal. Torsional Rigidities of Reinforced Concrete Beams Subjected to Elastic Lateral Torsional Buckling // International Journal of Civil and Environmental Engineering. 2017. Vol. 11. No.7. Pp.969–972.
9. Булкин С.А. Кручение с изгибом сталефиброжелезобетонной балки прямоугольного сечения // Строительство и реконструкция. 2021. № 2. С. 3-13.
10. 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.
11. 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.
12. Травуш В.И., Карпенко Н.И., Колчунов В.И., Каприелов С.С., Демьянов А.И., Булкин С.А., Московцева В.С. Результаты экспериментальных исследований сложнапряженных балок круглого поперечного сечения из высокопрочного фиброжелезобетона // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2020. №16 (4). С.290-297.
13. Травуш В.И., Карпенко Н.И., Колчунов В.И., Каприелов С.С., Демьянов А.И., Конорев А.В. Основные результаты экспериментальных исследований железобетонных конструкций из высокопрочного бетона В100 круглого и кольцевого сечений при кручении с изгибом // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. №1. С.51-61.
14. Демьянов А.И., Сальников А.С., Колчунов В.И. Экспериментальные исследования железобетонных конструкций при кручении с изгибом и анализ их результатов // Строительство и реконструкция. 2017. №4(72). С. 17–26.
15. Демьянов А.И., Колчунов В.И., Покусаев А.А. Экспериментальные исследования деформирования железобетонных конструкций при кручении с изгибом // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2017. №6. С. 37–44.
16. Демьянов А.И., Наумов Н.В., Колчунов В.И. Некоторые результаты экспериментальных исследований составных железобетонных конструкций при кручении с изгибом // Строительство и реконструкция. 2018. №5(79). С. 13– 23.
17. Колчунов В.И., Федоров В.С. Понятийная иерархия моделей в теории сопротивления строительных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2020. №8. С. 16–23. doi:10.33622/0869-7019.2020.08.16-23.
18. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 410 с.
19. Karpenko N.I., Kolchunov V.I., Kolchunov V.I., Travush V.I. Calculated model of a complex-stressed reinforced concrete element under torsion with bending // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2021. T. 17. No. 1. Pp. 34-47.
20. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. М., Стройиздат, 1976. 208 с.
21. Методическое пособие «Статически неопределимые железобетонные конструкции. Диаграммные методы автоматизированного расчета и проектирования». Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве. М.. 2017. 197 с.
22. Чистова Т.П. Экспериментальное исследование деформаций обычных железобетонных элементов коробчатого и сплошного прямоугольного сечения при чистом кручении. Прочность и жесткость железобетонных конструкций. Под редакцией С.А. Дмитриева и С.М. Крылова. М., Стройиздат, 1971.

REFERENCES

1. Baykov N., E.G. Yelagin, V.A. Vernigor, A.I. Turov. Vliyanie yadra secheniya na deformativnost' zhelezobetonnoy sterzhnya pryamougol'nogo poperechnogo secheniya pri kruchenii [Influence of the section core on the deformability of a reinforced concrete rod of a rectangular cross section during torsion] // Soprotivleniye zhelezobetonnykh elementov silovym vozdeystviyam [Resistance of reinforced concrete elements to force impacts]. Rostov n/d: RISI. 1985. P. 42-48.
2. Gvozdev A.A. Raschet nesushchey sposobnosti po metodu predel'nogo ravnovesiya [Calculation of the bearing capacity by the method of limit equilibrium]. Moscow: Stroyizdat, 1949. 279 p.
3. Morozov V.I., Bakhotskiy I.V. K raschetu fibrozhelezobetonnykh konstruksiy, podverzhennykh sovmestnomu vozdeystviyu krucheniya s izgiбом [To the calculation of fiber-reinforced concrete structures subject to the combined effect of torsion with bending] // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. N 5. P. 109.
4. Fedorov V.S., Kolchunov V.I., Pokusayev A.A. Raschet rasstoyaniya mezhdru prostranstvennymi treshchinami i shiriny ikh raskrytiya v zhelezobetonnykh konstruksiyakh pri kruchenii s izgiбом (sluchay 2)

- [Calculation of the distance between spatial cracks and the width of their opening in reinforced concrete structures during torsion with bending (case 2)] // *Zhilishchnoye stroitel'stvo*. 2016. N 5. P. 16–21
5. Adheena Thomas, Afia S Hameed. An Experimental Study On Combined Flexural And Torsional Behaviour Of RC Beams. // *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2017. Vol. 04. No. 05. Pp. 1367–1370.
 6. Mostofinejad D., Talaeitaba S.B. Nonlinear Modeling of RC Beams Subjected to Torsion using the Smeared Crack Model // *Procedia Engineering*. 2011. 14. P. 1447-1454.
 7. G. Klein, G. Lucier, S. Rizkalla, P. Zia and H. Gleich. Torsion simplified: a failure plane model for design of spandrel beams // *ACI Concrete International Journal*, February 2012. Pp.1-8.
 8. Ilker Kalkan, Saruhan Kartal. Torsional Rigidities of Reinforced Concrete Beams Subjected to Elastic Lateral Torsional Buckling. // *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. 2017. Vol. 11. No.7. Pp. 969–972.
 9. Bulkin S.A. Krucheniiye s izgibom stalefibrozhelezobetonnoy balki pryamougol'nogo secheniya [Torsion with bending of a steel-fiber-reinforced concrete beam of rectangular cross section] // *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2021. N 2. P. 3-13.
 10. Dem'yanov A.I., Al'kadi S.A. Statiko-dinamicheskoye deformirovaniye zhelezobetonnykh elementov prostranstvennoy ramy pri ikh slozhnom soprotivlenii [Static-dynamic deformation of reinforced concrete elements of a spatial frame with their complex resistance] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo*. 2018. N 11 (719). P. 20-33.
 11. Travush V.I., Karpenko N.I., Kolchunov V.I., Kapriyelov S.S., Dem'yanov A.I., Konorev A.V. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy konstruksiy kvadratnogo i korobchatogo secheniy iz vysokoprochnogo betona pri kruchenii s izgibom [Results of experimental studies of square and box-section structures made of high-strength concrete in torsion with bending] // *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2018. No 6(80). P. 32-43
 12. Travush V.I., Karpenko N.I., Kolchunov V.I., Kapriyelov S.S., Dem'yanov A.I., Bulkin S.A., Moskovtseva V.S. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy slozhnonapryazhennykh balok kruglogo poperechnogo secheniya iz vysokoprochnogo fibrozhelezobetona [Results of experimental studies of complexly stressed round cross-section beams made of high-strength fiber reinforced concrete] // *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruksiy i sooruzheniy*. 2020. No 16 (4). P.290-297
 13. Travush V.I., Karpenko N.I., Kolchunov V.I., Kapriyelov S.S., Dem'yanov A.I., Konorev A.V. Osnovnyye rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy zhelezobetonnykh konstruksiy iz vysokoprochnogo betona V100 kruglogo i kol'tsevogo secheniy pri kruchenii s izgibom [The main results of experimental studies of reinforced concrete structures made of high-strength concrete B100 of round and annular sections in torsion with bending] // *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruksiy i sooruzheniy*. 2019. No 1. P.51-61.
 14. Dem'yanov A.I., Sal'nikov A.S., Kolchunov V.I. Eksperimental'nyye issledovaniya zhelezobetonnykh konstruksiy pri kruchenii s izgibom i analiz ikh rezul'tatov [Experimental studies of reinforced concrete structures in torsion with bending and analysis of their results] // *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2017. No 4(72). P. 17–26.
 15. Dem'yanov A.I., Kolchunov V.I., Pokusayev A.A. Eksperimental'nyye issledovaniya deformirovaniya zhelezobetonnykh konstruksiy pri kruchenii s izgibom [Experimental studies of deformation of reinforced concrete structures during torsion with bending] // *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruksiy i sooruzheniy*. 2017. No 6. P. 37–44.
 16. Dem'yanov A.I., Naumov N.V., Kolchunov V.I. Nekotoryye rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy sostavnykh zhelezobetonnykh konstruksiy pri kruchenii s izgibom [Some results of experimental studies of composite reinforced concrete structures in torsion with bending] // *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2018. No 5(79). P. 13– 23.
 17. Kolchunov V.I., Fedorov V.S. Ponyatiynaya iyerarkhiya modeley v teorii soprotivleniya stroitel'nykh konstruksiy [Conceptual hierarchy of models in the theory of resistance of building structures] // *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. 2020. No 8. P. 16–23, DOI: 10.33622/0869-7019.2020.08.16-23.
 18. Karpenko N.I. Obshchiye modeli mekhaniki zhelezobetona [General models of reinforced concrete mechanics]. Moscow: Stroyizdat, 1996. - 410 p.
 19. Karpenko N.I., Kolchunov V.I., Kolchunov V.I., Travush V.I. Calculated model of a complex-stressed reinforced concrete element under torsion with bending // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2021. T. 17. No. 1. Pp. 34-47
 20. Karpenko N.I. Teoriya deformirovaniya zhelezobetona s treshchinami [Theory of deformation of reinforced concrete with cracks]. Moscow, Stroyizdat, 1976, 208 p.
 21. Metodicheskoye posobiye «Statcheski neopredelimyye zhelezobetonnyye konstruksii. Diagrammnyye metody avtomatizirovannogo rascheta i proyektirovaniya». Federal'nyy tsentr normirovaniya, standartizatsii i otsenki sootvetstviya v stroitel'stve [Methodical manual “Statically indeterminate reinforced concrete structures. Diagrammatic methods of automated calculation and design”. Federal Center for Regulation, Standardization and Conformity Assessment in Construction], Moscow, 2017, 197 pr.
 22. Chistova T.P. Eksperimental'noye issledovaniye deformatsiy obychnykh zhelezobetonnykh elementov korobchatogo i sploshnogo pryamougol'nogo secheniya pri chistom kruchenii. Prochnost' i zhestkost' zhelezobetonnykh konstruksiy. Pod redaktsiyey S.A. Dmitriyeva i S.M. Krylova [Experimental study of deformations of ordinary reinforced concrete elements of box-shaped and solid rectangular section under pure torsion. Strength and rigidity of reinforced concrete structures. Edited by S.A. Dmitriyeva and S.M. Krylov]. Moscow, Stroyizdat, 1971.

Информация об авторе:

Булкин Сергей Александрович
ЗАО «ГОРПРОЕКТ», г. Москва, Россия,
главный специалист-конструктор.
E-mail: sa.bulkin@gmail.com

Information about author:

Bulkin Sergey A.
ZAO GORPROJECT, Moscow, Russia,
chief design specialist.
E-mail: sa.bulkin@gmail.com