

А.Г. ТАМРАЗЯН<sup>1</sup>

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

## К БЕЗОПАСНОМУ ЗНАЧЕНИЮ ДЛИТЕЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Аннотация.* В практике расчетов сжатых железобетонных элементов на статические воздействия ряд вопросов, важных для определения деформаций и несущей способности этих элементов, не имеют до сих пор окончательных и однозначных ответов. Прежде всего, это проблема достоверного учета длительного действия внешней нагрузки. В отличие от изгибаемых элементов несущая способность сжатых стержней зависит от времени пребывания их под нагрузкой.

В статье рассматриваются вопросы влияния гибкости, коэффициента армирования при длительном действии нагрузки на уменьшение несущей способности железобетонного сжатого стержня.

Предложена методика расчета для определения длительного сжимающего усилия, обеспечивающего заданный период безопасной эксплуатации железобетонных колонн.

Выявлена зависимость отношения уровня длительного действия к кратковременной разрушающей нагрузке на прогибы сжатых стержней.

Проведен анализ экспериментальных исследований, свидетельствующий о том, что величина этого отношения зависит от эксцентриситета продольной силы, а также данные по величине снижения длительного сопротивления колонн.

Получены зависимости отношения жесткости колонны при длительном и кратковременном действии внешней нагрузки от гибкости стержней, которая заложена в действующих нормативных документах, и являющаяся определяющим фактором при решении вопроса об учете длительного характера нагружения.

Сделанный вывод подтверждается данными вышеприведенных экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** железобетонные стойки, длительное нагружение, армирование, ползучесть, эксцентриситет, прогибы, гибкость, безопасность.

A.G. TAMRAZYAN<sup>1</sup>

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

## TO THE SAFE VALUE OF LONG-TERM LOADING OF COMPRESSED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

*Abstract.* In the practice of calculations of compressed reinforced concrete elements for static effects, a number of questions important for determining the deformations and bearing capacity of these elements still do not have definitive and unambiguous answers. First of all, this is the problem of reliable accounting for the long-term effect of the external load. Unlike bending elements, the bearing capacity of compressed rods depends on the time they are under load.

The article deals with the influence of flexibility, the coefficient of reinforcement under long-term load on the decrease in the bearing capacity of a reinforced concrete compressed rod.

A calculation method is proposed to determine the long-term compressive force that provides a given period of safe operation of reinforced concrete columns.

The dependence of the ratio of the level of long-term action to the short-term breaking load on the deflections of compressed rods is revealed.

*An analysis of experimental studies was carried out, indicating that the value of this ratio depends on the eccentricity of the longitudinal force, as well as data on the magnitude of the reduction in the long-term resistance of the columns.*

*Dependences of the stiffness ratio of the column under long-term and short-term external load on the flexibility of the rods, which is laid down in the current regulatory documents, and which is the determining factor in deciding whether to take into account the long-term nature of loading, are obtained.*

*This conclusion is confirmed by the data of the above experimental studies.*

**Keywords:** reinforced concrete racks, long-term loading, reinforcement, creep, eccentricity, deflections, flexibility, safety.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями №1, 2, 3)» . -введ. с 2018-12-19. - М.: Минстрой России, 2018.
2. Тамразян А.Г., Фаликман В.Р. Основные требования к проектированию железобетонных конструкций по модельному кодексу ФИБ // Строительство и реконструкция. 2016. № 3(65). С. 71-77.
3. Тамразян А.Г., Есаян С.Г. Механика ползучести бетона. Монография / Москва, 2012. Сер. Библиотека научных разработок и проектов МГСУ. 2012. 524 с.
4. Тамразян А.Г. К расчету железобетонных элементов с учетом ползучести и старения на основе реологической модели бетона // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 26-27.
5. Тамразян А.Г. К устойчивости внецентренно сжатых железобетонных элементов с малым эксцентриситетом с учетом реологических свойств бетона // Железобетонные конструкции. 2023. Т. 2. № 2. С. 48–57.
6. Расчетный анализ длительного деформирования основания комплекса зданий курской АЭС. Колчунов В.И., Федорова Н.В., Дмитриева К.О., Дьяков И.М. В книге: Методология безопасности среды жизнедеятельности. Программа и тезисы IV Крымской Международной научно-практической конференции. Под редакцией: А.Т. Дворецкого, Т.В. Денисовой, А.Е. Максименко. 2017. С. 44-45.
7. Крылов С.Б., Гончаров Е.Е. Использование реологических моделей при моделировании ползучести бетона // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 2. С. 32-33.
8. Харлаб В.Д. Принципиальные вопросы линейной теории ползучести (с привязкой к бетону). СПб.: СПбГАСУ, 2014. 207 с.
9. Галустов К.З. Нелинейная теория ползучести бетона и расчет железобетонных конструкций / К. З. Галустов. - М.: Физматлит, 2006. - 248 с.
10. Крылов С.Б. Особенности применения уравнений теории ползучести к расчету стержневых изогнутых и сжато-изогнутых железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское стр-во. 2004. № 4. С. 32-33.
11. Селяев В.П., Селяев П.В., Сорокин Е.В., Алимов М.Ф. Аналитическое описание диаграмм деформирования бетона для расчета прогибов пластин из нелинейно деформируемого материала // Строительство и реконструкция. 2018. № 3 (77). С. 22-29.
12. Zainab Kammouna, Matthieu Briffaut, Yann Malecot. Experimental Study of the Creep Effect on the Mechanical Properties of Concrete. *Advances in Civil Engineering*. 2019:1-9
13. Ruiz M.F., Muttoni A., Gambarova P.G. Relationship between nonlinear creep and cracking of concrete under uniaxial compression. *J. Adv. Concr. Technol.*, 5(3), (2007), pp. 383-393.
14. EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules and rules for buildings. Brussels: European Committee for Standardization, 2001, p. 225.
15. Zuanfeng Pan, Dong Cao, Bin Zeng, Yuwei Wang. Nonlinear Creep Amplification Factor Considering Damage Evolution of Concrete under Compression. *Materials* 2022, 15(19), 6742.
16. Mazzotti C.; Savoia M. Nonlinear creep damage model for concrete under uniaxial compression. *J. Eng. Mech.* 2003, 129, 1065–1075.
17. Neville A.M., Dilger W.H., Brooks J.J., Creep of plain and structural concrete, Construction Press, London and NewYork (1983).
18. Bazant Z.P., Xi Y., Baweja S. Improved prediction model for time dependent deformations of concrete: Part 7—Short form of BPKX model, Statistics and extrapolation of short-time data,” *Materials and Structures* 26 (1993), 567–574.
19. Таль К.Э., Чистяков Е.А. Экспериментальные исследования несущей способности гибких железобетонных стержней при длительном нагружении. В кн. Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости конструкций.- М.: Гостройиздат, 1962. Дып. 26. С.30-58.

REFERENCES

1. SP 63.13330.2018 «Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruksii. Osnovnyye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 52-01-2003 (s Izmeneniyami №1, 2, 3)» . -vved. s 2018-12-19. - M.: Minstroy Rossii, 2018.
2. Tamrazyan A.G., Falikman V.R. Osnovnyye trebovaniya k proyektirovaniyu zhelezobetonnykh konstruksiy po model'nomu kodeksu FIB. Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2016. No. 3 (65). Pp. 71-77.
3. Tamrazyan A.G., Yesayan S.G. Mekhanika polzuchesti betona. Monografiya / Moskva, 2012. Ser. Biblioteka nauchnykh razrabotok i projektov MGSU. 2012.524 p.
4. Tamrazyan A.G. K raschetu zhelezobetonnykh elementov s uchetom polzuchesti i stareniya na osnove reologicheskoy modeli betona. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2012. No. 7. Pp. 26-27.
5. Tamrazyan A.G. K ustoychivosti vnetsentrenno szhatykh zhelezobetonnykh elementov s malym ekstsentrisitetom s uchetom reologicheskikh svoystv betona // Zhelezobetonnyye konstruksii. 2023. T. 2. No. 2. Pp. 48–57.
6. Raschetnyy analiz dlitel'nogo deformirovaniya osnovaniya kompleksa zdaniy kurskoy AES. Kolchunov V.I., Fedorova N.V., Dmitriyeva K.O., D'yakov I.M. V knige: Metodologiya bezopasnosti sredey zhiznedeyatel'nosti. Programma i tezisy IV Krymskoy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod redaktsiyey: A.T. Dvoret'skogo, T.V. Denisovoy, A.Ye. Maksimenko. 2017. Pp. 44-45.
7. Krylov S.B., Goncharov Ye.Ye. Ispol'zovaniye reologicheskikh modeley pri modelirovanii polzuchesti betona. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2013. No. 2. Pp. 32-33.
8. Kharlab V.D. Printsipial'nyye voprosy lineynoy teorii polzuchesti (s privyazkoy k betonu). SPb.: SPbGASU, 2014. 207 p.
9. Galustov K.3. Nelineynaya teoriya polzuchesti betona i raschet zhelezobetonnykh konstruksiy. M.: Fizmatlit, 2006. 248 p.
10. Krylov S.B. Osobennosti primeneniya uravneniy teorii polzuchesti k raschetu sterzhnevyykh izognutykh i szhato-izognutykh zhelezobetonnykh konstruksiy // Promyshlennoye i grazhdanskoye str-vo. 2004. No. 4. Pp. 32-33.
11. Selyayev V.P., Selyayev P.V., Sorokin Ye.V., Alimov M.F. Analiticheskoye opisaniye diagramm deformirovaniya betona dlya rascheta progibov plastin iz nelineyno deformiruyemogo materiala // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. 2018. No. 3 (77). Pp. 22-29.
12. Zainab Kammouna, Matthieu Briffaut, Yann Malecot. Experimental Study of the Creep Effect on the Mechanical Properties of Concrete. Advances in Civil Engineering 2019:1-9
13. Ruiz M.F., Muttoni A., Gambarova P.G. Relationship between nonlinear creep and cracking of concrete under uniaxial compression. J. Adv. Concr. Technol., 5 (3) (2007), pp. 383-393.
14. EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules and rules for buildings. Brussels: European Committee for Standardization, 2001, p. 225.
15. Zuanfeng Pan, Dong Cao, Bin Zeng, Yuwei Wang. Nonlinear Creep Amplification Factor Considering Damage Evolution of Concrete under Compression. Materials 2022, 15(19), 6742.
16. Mazzotti, C.; Savoia, M. Nonlinear creep damage model for concrete under uniaxial compression. J. Eng. Mech. 2003, 129, 1065–1075.
17. Neville, A.M., Dilger, W.H. and Brooks, J.J., Creep of plain and structural concrete, Construction Press, London and NewYork (1983).
18. Bazant, Z.P., Xi, Y., and Baweja, S., "Improved prediction model for time dependent deformations of concrete: Part 7—Short form of BPKX model, Statistics and extrapolation of short-time data," Materials and Structures 26 (1993), 567–574.
19. Tal' K.E., Chistyakov Ye.A. Eksperimental'nyye issledovaniya nesushchey sposobnosti gibkikh zhelezobetonnykh sterzhney pri dlitel'nom nagruzhenii. V kn. Issledovaniye prochnosti, zhestkosti i treshchinostoykosti konstruksiy. M.: Gosstroyizdat, 1962. Vyp.26. Pp. 30-58.

Информация об авторе:

**Тамразян Ашот Георгиевич**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, доктор технических наук, профессор, чл.-корр. РААСН, зав. кафедрой Железобетонных и каменных конструкций.

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

Information about author:

**Tamrazyan Ashot G.**

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, doctor of technical sciences, professor, Corresponding Member RAACS, head Department of Reinforced Concrete and Stone Structures.

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