

Е.В. ДОМАРОВА¹¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия

ВЛИЯНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. При длительном действии нагрузки в бетоне и железобетоне происходит нарастание неупругих деформаций, что связано с ползучестью бетона. Вязкостные свойства любого бетона определяются его мерой ползучести и коэффициентом ползучести. Современные программные комплексы позволяют проводить расчет сооружений с учетом реологических свойств бетона. Для анализа НДС многоэтажного здания с учетом длительного деформирования бетона был произведен расчет 45-этажной модели каркасного здания. Характеристики ползучести бетона задавались по Eurocode 2. Результаты расчета показали, что ползучесть бетона при его длительном деформировании приводит к перераспределению усилий в элементах здания, нарастанию прогибов перекрытий и увеличению продольного изгиба внецентренно-сжатых элементов. Проведен сравнительный анализ коэффициентов ползучести высокопрочных бетонов по Eurocode 2 и СП 63.13330.2018, который показал необходимость экспериментального исследования значений, указанных в СП 63.13330.2018 ввиду единого коэффициента для бетонов класса В60-В100.

Ключевые слова: деформации ползучести, коэффициент ползучести, напряженно-деформированное состояние, длительное действие нагрузки.

E. V. DOMAROVA¹¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

INFLUENCE OF CREEP ON THE STRESS-STRAIN STATE OF REINFORCED CONCRETE MULTISTORY BUILDINGS

Abstract. With long-term action of the load in concrete and reinforced concrete, an increase in inelastic deformations occurs, which is associated with the creep of concrete. The viscous properties of any concrete are determined by its measure of creep and creep coefficient. Modern software systems make it possible to calculate structures taking into account the rheological properties of concrete. To analyze the stress-strain state of a multi-storey building, taking into account the long-term deformation of concrete, a 45-storey model of a frame building was calculated. The creep characteristics of concrete were set according to Eurocode 2. The results of the calculation showed that the creep of concrete during its long-term deformation leads to a redistribution of forces in the building elements, an increase in floor slab deflections and an increase in the buckling of eccentrically compressed elements. A comparative analysis of the creep coefficients of high-strength concretes according to Eurocode 2 and SP 63.13330.2018 was carried out, which showed the need for an experimental study of the values specified in SP 63.13330.2018 due to a single coefficient for concretes of class B60-B100.

Keywords: creep deformations, creep coefficient, stress-strain state, long-term effect.

© Домарова Е.В., 2022

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылов С. Б., Арленинов П. Д. Современные исследования в области теории ползучести бетона // Вестник НИЦ Строительство. 2018. № 1(16). С. 67-75.

2. Li Y., Qiang S., Xu W., Hua X., Xu C., Lai J., Chen B. Verification of concrete nonlinear creep mechanism based on meso-damage mechanics // *Construction and Building Materials*. 2021. 276.122205. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122205>
3. Тамразян А.Г., Есаян С.Г. Механика ползучести бетона. Москва: МГСУ, 2012. 490 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. Yao Zhou Concrete creep and thermal effects on the dynamic behavior of a concrete-filled steel tube arch bridge // *Journal of Vibroengineering*. Vol. 16. Issue 4. 2014. 1735-1744 p.
6. Санжаровский Р.С., Манченко М.М. Нелинейная теория ползучести бетона и железобетона и современные нормы // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2017. № 1. С. 23-35.
7. Мишина А.В., Безгодов И.М., Андрианов А.А. Прогнозирование предельных деформаций ползучести сверхвысокопрочного сталефибробетона // *Вестник МГСУ*. 2012. № 12. С. 66—70.
8. Барабаншиков Ю.Г., Архарова А.А., Терновский М.В. Бетон с пониженной усадкой и ползучестью // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. №7 (22). С. 152-165.
9. Карпенко Н.И., Каприелов С.С., Петров А.Н., Безгодов И.М., Моисеенко Г.А., Степанов М.В., Чилин И.А. Исследование физико-механических и реологических свойств высокопрочных сталефибробетонов из самоуплотняющихся смесей // *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2017 году: Сб. научн. тр. РААСН. Т.2.М.: Издательство АСВ. 2018. С.237-246. doi:10.22337/9785432302663-237-246*
10. Карпенко Н.И., Мишина А.В., Травуш В.И. Влияние возраста на физико- механические и реологические характеристики высокопрочного сталефибробетона // *Строительство и реконструкция*. 2015. №4(60). С. 23-31.
11. Степанов М.В., Моисеенко Г.А. Развитие экспериментального подхода к определению меры ползучести мелкозернистого высокопрочного бетона и сталефибробетона при рациональном содержании фибры // *Строительство и реконструкция*. 2018. № 3(77). С. 98-104.
12. Травуш В.И., Мурашкин В.Г. Влияние ползучести на распределение деформаций и напряжений в изгибаемом элементе // *Строительство и реконструкция*. 2017. №2. С.57-70.
13. Тамразян А.Г. Жесткость изгибаемых железобетонных элементов с учетом нелинейной ползучести высокопрочного бетона на основе вязко-упругой модели наследственного старения // *Вестник МГСУ*. 2011. № 2. С. 121—126.
14. Sapountzakis E., Katsikadelis J. Creep and Shrinkage Effect on the Dynamic Analysis of Reinforced Concrete Slab-and-Beam Structures. *European Conference on Computational Mechanics*. Munich, Germany. 1999. P.370.
15. Елистратов В.Н. К вопросу расчета сжатых железобетонных элементов с учетом мгновенной нелинейности и нелинейной ползучести бетона // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 6.
16. Тамразян А.Г. Динамическая устойчивость сжатого железобетонного элемента как вязкоупругого стержня // *Вестник МГСУ*. 2011. № 1-2. С. 193-196.
17. Пекус-Сахновский Д. Н. Экспериментальное исследование несущей способности центрально сжатых гибких железобетонных стоек при длительном воздействии нагрузки // *Строительные конструкции*. К.:Будівельник, 1965. Вып. 2. С. 98–108.
18. СП 63.13330.2018. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
19. Андросова Н.Б., Колчунов В.И. Живучесть рамно-стержневого железобетонного каркаса здания в запредельных состояниях // *Строительство и реконструкция*. 2021. №5(97). С. 40-50. doi:10.33979/2073-7416-2021-97-5-40-50
20. Androsova N., Kolchunov V. Survivability Exposition of a Long-Term Deformable Reinforced Concrete Building Frame Under Accidental Actions. In: Vatin N., Roshchina S., Serdjuks D. (eds) *Proceedings of MPCPE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 182. Springer, Cham. 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85236-8_29
21. EN 1992-1-1 (2004): Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.

REFERENCES

1. Krylov S.B, Arleninov P.D. Sovremennye issledovaniya v oblasti teorii polzuchesti betona [Modern research in the field of the theory of concrete creep]. *Vestnik NITs Stroitel'stvo*. 2018. No 1(16). С. 67-75. (rus)
2. Li Y., Qiang S., Xu W., Hua X., Xu C., Lai J., Chen B. Verification of concrete nonlinear creep mechanism based on meso-damage mechanics. *Construction and Building Materials*. 2021. 276. 122205. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122205>
3. Tamrazyan A.G., Esayan S.G. Mekhanika polzuchesti betona. Moscow: MGSU, 2012. 490 p. (rus)

4. Tamrazyan A.G. K raschetu zhelezobetonnykh elementov s uchetom polzuchesti i stareniya na osnove reologicheskoi modeli betona [On the calculation of reinforced concrete elements with due regard for creep and aging on the basis of rheological model of concrete]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2012. No 7. Pp. 26-27. (rus)
5. Yao Zhou Concrete creep and thermal effects on the dynamic behavior of a concrete-filled steel tube arch bridge. *Journal of Vibroengineering*, Vol. 16, Issue 4. 2014. Pp. 1735-1744.
6. Sanzharovskii R.S., Manchenko M.M. Nelineinaya teoriya polzuchesti betona i zhelezobetona i sovremennye normy [Nonlinear theory of concrete and reinforced concrete creep and modern standards]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruksii i sooruzhenii*. 2017. No 1. Pp. 23-35. (rus)
7. Mishina A.V., Bezgodov I.M., Andrianov A.A. Prognozirovaniye predel'nykh deformatsiy polzuchesti sverkhvysokoprochnogo stalefi brobetona [Prediction of maximum creep strain of high performance steel fiber reinforced concrete]. *Vestnik MGSU*. 2012.No. 12. Pp. 66—70. (rus)
8. Barabanshchikov Yu.G., Arkharova A.A., Ternovskii M.V. Beton s ponizhennoi usadkoi i polzuchest'yu [Concrete with the lowered shrinkage and creep]. *Construction of Unique Buildings and Structure*. 2014.No 7 (22). Pp.152-165. (rus)
9. Karpenko N.I., Kaprielov S.S., Petrov A.N., Bezgodov I.M., Moiseenko G.A., Stepanov M.V., Chilin I.A. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh i reologicheskikh svoistv vysokoprochnykh stalefibrobetonov iz samouplotnyayushchikhysya smesei [Research of physical-mechanical and rheological properties of high-strength steel-fiber concretes from self-compacting mixtures]. *Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noi otrasli Rossiiskoi Federatsii v 2017 godu: Sb. nauchn. tr. RAASN. T.2. Moscow: Izdatel'stvo ASV*. 2018. Pp.237-246. (rus) doi:10.22337/9785432302663-237-246
10. Karpenko N.I., Mishina A.V., Travush V.I. Vliyanie vozrasta na fiziko- mekhanicheskie i reologicheskie kharakteristiki vysokoprochnogo stalefibrobetona [Influence of age on physical-mechanical and rheological characteristics of high-strength steel fiber reinforced concrete]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2015. No 4(60). Pp. 23-31.(rus)
11. Stepanov M.V., Moiseenko G.A. Razvitie eksperimental'nogo podkhoda k opredeleniyu mery polzuchesti melkozernistogo vysokoprochnogo betona i stalefibrobetona pri ratsional'nom sodержanii fibry [Development of an experimental approach to determining the measure of creep of fine-grained high-strength concrete and steel-fiber-reinforced concrete with a rational fiber content]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2018. No 3(77). Pp. 98-104.(rus)
12. Travush V.I., Murashkin V.G. Vliyanie polzuchesti na raspredeleniye deformatsii i napryazhenii v izgibaemom elemente [Influence of creep on the distribution of strains and stresses in a bending element]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2017. No 2. Pp.57-70. (rus)
13. Tamrazyan A.G. Zhestkost' izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov s uchetom nelineinoy polzuchesti vysokoprochnogo betona na osnove vyazko-uprugoi modeli nasledstvennogo stareniya [Rigidity of bending reinforced concrete elements taking into account nonlinear creep of high strengths concrete on the basis of is viscous - elastic model of hereditary ageing]. *Vestnik MGSU*. 2011. No 2. Pp. 121—126. (rus)
14. Sapountzakis E., Katsikadelis J. Creep and Shrinkage Effect on the Dynamic Analysis of Reinforced Concrete Slab-and-Beam Structures. *European Conference on Computational Mechanics*. Múnich, Germany. 1999. Pp.370.
15. Elistratov V.N. K voprosu rascheta szhatykh zhelezobetonnykh elementov s uchetom mgnovennoi nelineinosti i nelineinoy polzuchesti betona [On the issue of calculation of compressed reinforced concrete elements, taking into account instantaneous non-linearity and non-linear creep of concrete]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013. No 6. (rus)
16. Tamrazyan A.G. Dinamicheskaya ustoychivost' szhatogo zhelezobetonnoogo elementa kak vyazkouprugogo sterzhnya [Dynamic stability of a compressed reinforced concrete element as a viscoelastic rod]. *Vestnik MGSU*. 2011. No 1-2. Pp. 193-196. (rus)
17. Pekus-Sakhnovskii D.N. Eksperimental'noe issledovanie nesushchei sposobnosti tsentral'no szhatykh gibkikh zhelezobetonnykh stoek pri dlitel'nom vozdeistvii nagruzki [Experimental study of increased capacity of centrally compressed flexible reinforced concrete props under prolonged load]. *Stroitel'nye konstruksii*. Kiev: Budivel'nik, 1965. No 2. Pp.98–108. (rus)
18. Russian Building Code SP 63.13330.2018 Concrete and reinforced concrete structures. Generalprovisions. (rus)
19. Androsova N.B., Kolchunov V.I. Zhivuchest' ramno-sterzhnevogo zhelezobetonnoogo karkasa zdaniya v zapredel'nykh sostoyaniyakh [Viability of a frame-rod reinforced concrete framework of a building in limiting states]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*. 2021. No5(97). Pp. 40-50.(rus) doi: 10.33979/2073-7416-2021-97-5-40-50
20. Androsova N., Kolchunov V. Survivability Exposition of a Long-Term Deformable Reinforced Concrete Building Frame Under Accidental Actions. In: Vatin N., Roshchina S., Serdjuks D. (eds) *Proceedings of MPCPE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 182. Springer, Cham. 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85236-8_29
21. EN 1992-1-1 (2004): Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.

Информация об авторе:

Домарова Екатерина Владимировна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия,

старший преподаватель кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: cathie_p@mail.ru

Information about author:

Domarova Ekaterina V.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
senior teacher of the department of reinforced concrete and stone structures.

E-mail: cathie_p@mail.ru