

А.В. КРУТСКИХ<sup>1</sup>, В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ<sup>1</sup>, К.С. ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ<sup>1</sup>,  
Т.Б. НОВИЧЕНКОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия

## МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЦЕМЕНТНЫЕ БЕТОНЫ С ДИСКРЕТНЫМ АРМИРОВАНИЕМ

*Аннотация.* Вопросы, связанные с повышением качества эксплуатационных свойств железобетонных и бетонных конструкций путем введения дискретного армирования – фиброармирования являются актуальными задачами строительного материаловедения. Получение высокотехнологичных бетонов с повышенными огнезащитными свойствами путем введения оптимального сочетания компонентов фибрового армирования являлось целью исследования. Проанализировано изменение прочности бетона на сжатие после огневых испытаний в зависимости от процентного содержания полипропиленовой фибры. При расчете контрольных составов фибробетонов была использована программа ТСП-27-25, разработанная в Тверском государственном техническом университете позволяющая моделировать различные составы бетонов. Установлено, что добавление фибры позволяет повысить огнестойкость бетонов при оптимальном её количестве. Дана оценка прочностных характеристик исследуемых образцов после огневого воздействия. Исследовано влияние содержания полипропиленовой фибры на характер разрушений бетонов.

**Ключевые слова:** бетон, модифицирование, дискретное армирование, фибра, огнестойкость.

A.V. KRUTSKIKH<sup>1</sup>, V.B. PETROPAVLOVSKAYA<sup>1</sup>, K.S. PETROPAVLOVSKIY<sup>1</sup>,  
T.B. NOVICHENKOVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tver State Technical University, Tver, Russia

## MODIFIED CEMENT CONCRETE WITH DISCRETE REINFORCEMENT

*Abstract.* Issues related to improving the quality of the operational properties of reinforced concrete and concrete structures by introducing discrete reinforcement - fiber reinforcement are topical tasks of building materials science. The aim of the study was to obtain high-tech concretes with increased flame retardant properties by introducing an optimal combination of fiber reinforcement components. The change in the compressive strength of concrete after fire tests, depending on the percentage of polypropylene fiber, is analyzed. The TSP-27-25 program, developed at the Tver State Technical University, which allows modeling various concrete compositions, was used in the calculation of the control compositions of fiber-reinforced concrete. It has been established that the addition of fiber makes it possible to increase the fire resistance of concrete with an optimal amount of it. An assessment of the strength characteristics of the studied samples after fire exposure is given. The influence of polypropylene fiber content on the nature of concrete destruction is investigated.

**Keywords:** concrete, modification, discrete reinforcement, fiber, fire resistance.

© Крутских А.В., Петропавловская В.Б., Петропавловский К.С., Новиченкова Т.Б., 2023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дербасова Е.М. Основные барьеры и перспективы применения инновационных технологий и строительных материалов (на примере бетона) при возведении жилья // *Перспективы развития строительного комплекса*. 2012. Т. 1. С. 211-215.
2. Соловьёв В.Г., Шувалова Е.А. Эффективность применения различных видов фибры в бетонах // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017. № 9 (63). С.78-81.
3. Пухаренко Ю.В., Пантелеев Д.А., Жаворонков М.И. Влияние вида фибры и состава матрицы на их сцепление в фибробетоне // *Вестник СибАДИ*. 2022. Т.19. № 3 (85). С. 436-445.
4. Пухаренко Ю.В., Пантелеев Д.А., Жаворонков М.И. Определение вклада фибры в формирование прочности сталефибробетона // *Вестник гражданских инженеров*. 2017. № 1(60). С. 172–176.
5. Рябова А.А. Оценка стеклофибробетона как конструкционного материала // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 11-3. С. 500-504.
6. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001. 382 с.
7. Романов Н.Н., Кузьмин А.А., Пермяков А.А., Федоров А.В., Симонова М.А. Методика расчета режимов прогрева строительных конструкций в условиях внутреннего пожара // *Вестник Международной академии холода*. 2021. № 1. С. 84–93.
8. Новиков Н.С. Огнестойкость конструкций из фибробетона для автодорожных тоннелей и метрополитена // *Автореферат к диссертации*. М. 2019
9. Еремина Т.Ю., Корольченко Д.А. Обзор программного обеспечения расчета огнестойкости строительных конструкций для различных моделей пожаров // *Пожаровзрывобезопасность*. 2020. Т. 29. № 3. С. 44–53.
10. Федоров В.С., Левицкий В.Е., Соловьев И.А. Проблемы расчета фактической огнестойкости зданий и сооружений // *Международный научный семинар «Перспективы развития программных комплексов для расчета несущих систем зданий и сооружений»: сборник научных трудов*. Курск, 2013. С. 32-37.
11. Белов В.В., Семенов К.В. Огнестойкость железобетонных конструкций: модели и методы расчета // *Инженерно-строительный журнал*. № 6. С. 58-61.
12. Еналеев Р.Ш., Теляков Э.Ш., Тучкова О.А., Осипова Л.Э. Огнестойкость элементов конструкций при пожарах на предприятиях нефтегазового комплекса // *Известия ВУЗов. Проблемы энергетики*. 2010. № 11–12. С. 23–34.
13. Пашковский П.С., Зинченко И.Н., Богомаз А.М. Математическая модель тепломассообменных процессов при пожаре в здании // *Научный вестник НИИГД «Респиратор»*. 2015. № 52. С. 51–59.
14. Xu M., Song S., Feng L., Zhou J., Li H., Li V. C. Development of basalt fiber engineered cementitious composites and its mechanical properties // *Construction and Building Materials*. 2021. Т. 266. P. 121173.
15. Красиникова Н.М., Хозин В.Г., Кашапов Р.Р. Исследование эксплуатационных характеристик тяжелых цементных бетонов с полифункциональной добавкой // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2017. № 4. С. 296-302.
16. Волков И.В. Фибробетон: технико-экономическая эффективность применения // *Промышленное и гражданское строительство*. 2002. № 9.
17. Енджиевская И.Г., Демина А.В., Енджиевский А.С., Дубровская С.Д. Оценка взаимодействия добавок в бетоне // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2022. № 24(3). С. 128-137.
18. Altynbekova A., Lukpanov R., Dyusseminov D., Askerbekova A., Tkach E. (2022). Effect of a complex modified additive on the setting time of the cement mixture. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra*, 325(2), 29–38. <https://doi.org/10.31643/2023/6445.15>
19. Lukpanov R., Dyusseminov D., Yenkebayev S., Yenkebayeva A., Tkach E. (2022). Additive for improving the quality of foam concrete made on the basis of micro silica and quicklime. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra*, 323(4), 30–37. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.37>

REFERENCES

1. Derbasova E.M. The main barriers and prospects for the use of innovative technologies and building materials (for example, concrete) in the construction of housing// *Prospects for the development of the construction complex*. 2012. Vol. 1. Pp. 211-215.
2. Solovyov V.G., Shuvalova E.A. The effectiveness of the use of various types of fiber in concrete // *International Research Journal*. 2017. No. 9 (63). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.63.065>
3. Pukharenko Yu.V., Panteleev D.A., Zhavoronkov M.I. The influence of the type of fiber and the composition of the matrix on their adhesion in fibroconcrete. *Bulletin of SibADI*. 2022. Vol.19. No. 3 (85). Pp. 436-445. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-3-436-445>

4. Pukhareno Yu.V., Pantelev D.A., Zhavoronkov M.I. Determination of the contribution of fiber to the formation of the strength of steel fiber concrete // Bulletin of Civil Engineers. 2017. No. 1(60). Pp. 172-176.
5. Ryabova A.A. Evaluation of fiberglass as a structural material // Fundamental research. 2015. No. 11-3. Pp. 500-504.
6. Roitman V.M. Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings. Association "Fire Safety and Science", 2001. 382 p.
7. Romanov N.N., Kuzmin A.A., Permyakov A.A., Fedorov A.V., Simonova M.A. Method of calculation of heating modes of building structures in conditions of internal fire. Bulletin of the International Academy of Cold. 2021. No. 1. Pp. 84-93. doi:10.17586/1606-4313-2021-20-1-84-93
8. Novikov N.S. Fire resistance of fiber-reinforced concrete structures for road tunnels and metro // Abstract to dissertation. M.2019
9. Eremina T.Yu., Korolchenko D.A. Review of software for calculating the fire resistance of building structures for various models of fires // Pozharovzryvobezопасnost/pozharovzryvobasopasnost. 2020. T. 29. No. 3. Pp. 44-53. <https://doi.org/10.22227/PVB.2020.29.03.44-53>
10. Fedorov V.S., Levitsky V.E., Soloviev I.A. Problems of calculating the actual fire resistance of buildings and structures // Collection of scientific papers of the International Scientific Seminar on September 19-20, 2013, Kursk. 2013.
11. Belov V.V., Semenov K.V. Fire resistance of reinforced concrete structures: models and calculation methods. Civil Engineering Journal. No. 6. Pp. 58-61.
12. Enaleev R.S., Telyakov E.S., Tuchkova O.A., Osipova L.E. Fire resistance of structural elements during fires at oil and gas complex enterprises. News of universities. Energy problems. 2010. No. 11-12. Pp. 23-34.
13. Pashkovsky P.S. Mathematical model of heat and mass transfer processes during a fire in a building / P.S. Pashkovsky, I.N. Zinchenko, A.M. Bogomaz // Scientific Bulletin of NIIGD "Respirator". 2015. No. 52. Pp. 51-59.
14. Xu M., Song S., Feng L., Zhou J., Li H., Li V. S. Development of cement composites based on basalt fiber and their mechanical properties // Construction and building materials. 2021. T. 266. P. 121173.
15. Krasnikova N.M., V Khozin.G., Kashapov R.R. Investigation of operational characteristics of heavy cement concretes with a multifunctional additive// KGASU, Kazan, Russia, Izvestiya Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2017. No. 4. Pp. 296-302.
16. Volkov I.V. Fibrobeton: technical and economic efficiency of application // Industrial and civil construction. 2002. No. 9.
17. Yendzhievskaya I.G., Demina A.V., Yendzhievsky A.S., Dubrovskaya S.D. Evaluation of the interaction of additives in concrete. Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2022. No. 24(3). Pp. 128-137.
18. Altynbekova A., Lukpanov R., Dyusseminov D., Askerbekova A., Tkach E. (2022). Effect of a complex modified additive on the setting time of the cement mixture. Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra, 325(2), 29–38. <https://doi.org/10.31643/2023/6445.15>
19. Lukpanov R., Dyusseminov D., Yenkebayev S., Yenkebayeva A., Tkach E. (2022). Additive for improving the quality of foam concrete made on the basis of micro silica and quicklime. Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra, 323(4), 30–37. <https://doi.org/10.31643/2022/6445.3>

**Информация об авторах:**

**Крутских Андрей Викторович**

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия,  
старший преподаватель кафедры конструкций и сооружений.  
E-mail: [mister.krutskih@mail.ru](mailto:mister.krutskih@mail.ru)

**Петропавловская Виктория Борисовна**

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия,  
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры производства строительных изделий и конструкций.  
E-mail: [victoriapetrop@gmail.com](mailto:victoriapetrop@gmail.com)

**Петропавловский Кирилл Сергеевич**

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия,  
кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений.  
E-mail: [kspetropavlovsky@gmail.com](mailto:kspetropavlovsky@gmail.com)

**Новиченкова Татьяна Борисовна**

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь, Россия,  
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций.  
E-mail: [tanovi.69@mail.ru](mailto:tanovi.69@mail.ru)

**Information about the author:**

**Krutskiikh Andrey V.**

Tver State Technical University, Tver, Russia,  
senior lecturer of the Department of structures and constructions.  
E-mail: [mister.krutskih@mail.ru](mailto:mister.krutskih@mail.ru)

**Petropavlovskaya Victoria B.**

Tver State Technical University, Tver, Russia,  
doctor in technical sciences, docent, professor of the department of production of building products and structures.  
E-mail: [victoriapetrop@gmail.com](mailto:victoriapetrop@gmail.com)

**Petropavlovskii Kirill S.**

Tver State Technical University, Tver, Russia,  
candidate in technical sciences, associate professor of the department of structures and constructions.  
E-mail: [kspetropavlovsky@gmail.com](mailto:kspetropavlovsky@gmail.com)

**Novichenkova Tatiana B.**

Tver State Technical University, Tver, Russia,  
candidate in technical sciences, docent, associate professor of the department of production of building products and structures.  
E-mail: [tanovi.69@mail.ru](mailto:tanovi.69@mail.ru)