

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ, СООРУЖЕНИЯ

---

DOI: 10.15593/2409-5125/2021.03.09

УДК 691.32

**Е.В. Виноградова, Д.М. Ельшаева, Ю.В. Жеребцов,  
Н.А. Доценко, М.С. Самофалова, Т.Г. Гаджиарсланов**

Донской государственный технический университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЦЕПТУРНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНОВ, ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ АМОРФНОМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ И БАЗАЛЬТОВЫМИ ВОЛОКНАМИ**

Данное исследование направлено на изучение прочностных свойств фибробетонов с комбинированным дисперсным армированием. Было рассмотрено изменение прочностных характеристик фибробетонов за счет варьирования объемного содержания волокон различного вида по отношению друг к другу при различных способах распределения волокна в объеме бетонной смеси. Всего было изготовлено и испытано 18 серий базовых образцов стандартного размера: 27 кубов с размерами 100×100×100 мм для испытаний на сжатие; 27 призм с размерами 100×100×400 мм для испытаний на растяжение при изгибе. Также были проведены расчеты прочностных характеристик в зависимости от рецептурных и технологических факторов. Расчеты производились методом математического планирования эксперимента. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что наилучшие показатели прочностных характеристик зафиксированы при применении комбинации из аморфнометаллической и базальтовой фибры, где объемное содержание аморфнометаллической фибры равно 2 %, базальтовой – 1 %, а наиболее эффективным способом распределения волокна по всему объему бетонной смеси является смешивание компонентов в следующей последовательности: предварительное смешивание цемента, песка, щебня; смешивание с волокном; смешивание с водой. Полученные результаты показывают перспективность и целесообразность проведенных исследований, а данные о прочностных свойствах фибробетона, армированного комбинацией из аморфнометаллической и базальтовой фибры, расширяют информационную базу проектирования бетонов данного вида.

**Ключевые слова:** прочность, фибра, объемное содержание волокон, способ распределения волокон, дисперсное армирование, фибробетон.

Применение фибробетонов в строительной отрасли на сегодняшний день довольно широко распространено. Фибробетоны в сравнении с традиционными обладают улучшенными прочностными и деформативными характеристиками. Наиболее широкое распространение получил сталефибробетон, отличительной особенностью сталефибробетонных конст-

рукций и изделий является низкая материалоемкость и улучшенные эксплуатационные характеристики.

Фибробетоны, армированные неметаллическими волокнами, также довольно популярны. Стеклофибробетоны довольно часто применяются при изготовлении сборных конструкций для жилых и общественных зданий, элементов покрытий и т.п. Однако данный вид фибробетона имеет существенный недостаток, который определяется значительным снижением прочности конструкций в процессе их эксплуатации. Такое снижение прочности является следствием коррозии стеклянных волокон. Попытки устранения данной проблемы за счет введения более щелочестойких волокон не позволяют устранить данную проблему в полной мере [1].

Гипотеза упрочнения бетона при помощи фиброволокон основана на том, что матрица композита передает равномерно распределенным в ней волокнам приложенную нагрузку за счет касательных сил, которые действуют по поверхности раздела фаз. Прочность фибробетона находится в прямой зависимости от объёмного содержания волокон, так как при значениях модуля упругости фибры, больших значений модуля упругости бетонной матрицы, основная часть напряжений воспринимается волокнами [2–4].

Правильный выбор вида фибрового волокна, определение рационального количественного соотношения между компонентами бетонной смеси и параметрами уплотнения бетонной смеси являются определяющими факторами для получения высококачественных фибробетонов [3–5].

Прочностные характеристики дисперсно-армированных бетонов напрямую зависят от оптимальной концентрации фибры. При концентрации фиброволокон, близкой к предельному уровню насыщения, значительно ухудшается удобоукладываемость бетонной смеси. Ухудшение удобоукладываемости вызвано образованием комков, состоящих из спутавшихся между собой фибр. Именно поэтому важно верно определять степень насыщения бетонной смеси фиброволокнами, при котором не будет происходить образование комков, а бетонная смесь будет сохранять однородность и требуемую удобоукладываемость [6–8].

Также важным фактором, определяющим получение дисперсно-армированных бетонов со стабильными физико-механическими характеристиками, является способ распределения волокна в объёме бетонной смеси [9–11]. Обеспечить равномерное распределение волокна при применении традиционного смесителя невозможно, поэтому прибегают к различным технологическим способам, повышающим равномерность распределения волокон [12–15]. На рис. 1 представлены возможные технологические способы распределения волокон.



Рис. 1. Технологические способы распределения фиброволокна

Дисперсное моноармирование наиболее распространено в строительной практике, в отличие от комбинированного армирования, осуществляемого одновременно несколькими разными видами волокон. В связи с этим требуется более детальное изучение вопросов, относящихся к совершенствованию технологии дисперсного комбинированного армирования тяжелых бетонов.

Целью данного исследования является изучение основных прочностных характеристик фибробетона, армированного комбинацией из аморфнометаллической и базальтовой фибры за счет варьирования рецептурных и технологических факторов.

**Методы и материалы.** В данном исследовании была применена базальтовая и аморфнометаллическая фибры, основные физико-механические характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики фибры

Вид волокна	Прочность на растяжение, МПа	Длина волокна, мм	Модуль упругости, ГПа	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Коэффициент удлинения, %
Базальтовое	3500	12	3500	2,6	3,2
Аморфнометаллическое	1500	30	190	7,8	3

В качестве вяжущего использовался портландцемент марки ПЦ 500-ДО производства ОАО «Новоросцемент», в табл. 2 представлены физико-механические характеристики портландцемента.

Таблица 2

## Физико-механические характеристики портландцемента ПЦ 500-Д0

Наименование свойства	Значение и размерность
Остаток на сите с сеткой № 008, кг/м <sup>3</sup>	1,052
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	340
Нормальная густота цементного теста, %	26,5
Сроки схватывания, мин	Начало – 225, конец – 345
Активность цемента, МПа	42

В качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок с модулем крупности  $M_{кр} = 2,27$  и насыпной плотностью  $\rho_n = 1650$  кг/м<sup>3</sup>. Гранулометрический состав представлен в табл. 3.

Таблица 3

## Гранулометрический состав песка

Остатки на ситах	Диаметр сит, мм					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	<0,16
Частные, %	1,89	4,71	24,52	59,18	6,67	0,31
Полные, %	1,89	6,60	31,13	90,30	96,97	

В качестве крупного заполнителя применялся гранитный щебень, физико-механические характеристики которого представлены в табл. 4.

Таблица 4

## Физико-механические характеристики щебня

Фракция	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пустотность, %	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, % по массе	Дробимость, % по массе
5–10	1470	0,457	0,65	23	12,7

Всего было изготовлено и испытано 18 серий базовых образцов стандартного размера:

- кубы 27 шт. с размерами 100×100×100 мм для испытаний на сжатие;
- призмы 27 шт. с размерами 100×100×400 мм для испытаний на растяжение при изгибе.

Все образцы были изготовлены из бетона одинакового состава, расход материалов на 1 м<sup>3</sup> составил: Ц = 380 кг, ШЦ = 1060 кг, П = 730 кг, В = 195 л, суперпластификатор Schomburg Remicrete SP-10 (FM) – 2,28 л.

Для исследований применялось: технологическое оборудование (бетоносмеситель лабораторный БЛ-10), средства измерений (весы лабораторные и линейки) и испытательное оборудование (пресс гидравлический) [16–18].

Испытания на сжатие и растяжение при изгибе проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 10180.

Также были проведены расчеты прочностных характеристик фибробетона в зависимости от рецептурных факторов. Расчеты производились методом математического планирования эксперимента (ПФЭ 2<sup>к</sup>) с использованием программы «MathCAD».

**Результаты исследования.** Результаты экспериментальных исследований влияния рецептурных и технологических факторов на прочностные характеристики фибробетона, армированного комбинацией из аморфно-металлической и базальтовой фибры, представлены в табл. 6.

Определение прочностных характеристик фибробетона произведено с помощью регрессионных зависимостей, вид и значения коэффициентов которых определяются методами математического планирования эксперимента.

В качестве функций примем изменяющиеся из-за рецептурных и технологических факторов характеристики фибробетона (прочность на сжатие и прочность на растяжение при изгибе).

В качестве аргументов примем рецептурные и технологические факторы в абсолютных показателях с различными уровнями варьирования.

Расчеты производились методом математического планирования эксперимента – полнофакторного эксперимента (ПФЭ 2<sup>2</sup>). Значения рецептурных факторов представлены в табл. 5.

За функцию отклика были приняты параметры:

–  $R_{сж}(\mu, t)$  – прочность на сжатие – МПа;

–  $R_{изг}(\mu, t)$  – прочность на растяжение при изгибе – МПа.

Таблица 5

Значения рецептурных и технологических факторов ПФЭ 2<sup>к</sup>

№ п/п	Код фактора	Физический смысл фактора	Единицы измерения	Уровни фактора		
				-1	0	+1
1	$\mu$	Объемное содержание волокон	%	1,0/2,0	1,5/1,5	2,0/1,0
2	$t$	Способ распределения волокон	–	1 $t^*$	2 $t^{**}$	3 $t^{***}$

Примечание:

\*1 $t$  – предварительное смешивание цемента, воды + смешивание с волокном + смешивание с песком и щебнем;

\*\*2 $t$  – предварительное смешивание цемента, песка, щебня + смешивание с волокном + смешивание с водой;

\*\*\*3 $t$  – предварительное смешивание цемента, песка, щебня, воды + смешивание с волокном.

Таблица 6

Результаты экспериментальных исследований влияния рецептурных и технологических факторов на прочностные характеристики фибробетона, армированного комбинацией из аморфнометаллической и базальтовой фибры

Номер опыта	Объемное содержание волокон ( $\mu$ ), %	Способ распределения волокон	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа
1	1,0/2,0	1t	51,5	13,9
2	2,0/1,0	1t	57,5	16,8
3	1,0/2,0	3t	52,1	13,1
4	2,0/1,0	3t	58,1	16,1
5	1,0/2,0	2t	53,8	14,1
6	2,0/1,0	2t	63,9	18,9
7	1,5/1,5	1t	56,1	15,7
8	1,5/1,5	3t	55,1	14,8
9	1,5/1,5	2t	56,7	15,1

По результатам исследования методом наименьших квадратов были получены базовые уравнения регрессии, которые представлены в виде полиномов 2-й степени:

$$R_{сж}(\mu; t) = 55,59 + 0,326 \cdot \mu + 0,0037 \cdot t - 0,575 \cdot \mu^2 - 1,575 \cdot t^2, \quad (1)$$

$$R_{изг}(\mu; t) = 15,28 + 0,1797 \cdot \mu - 0,0445 \cdot t + 0,025 \cdot t \cdot \mu + 0,1144 \cdot \mu^2 - 0,6356 \cdot t^2. \quad (2)$$

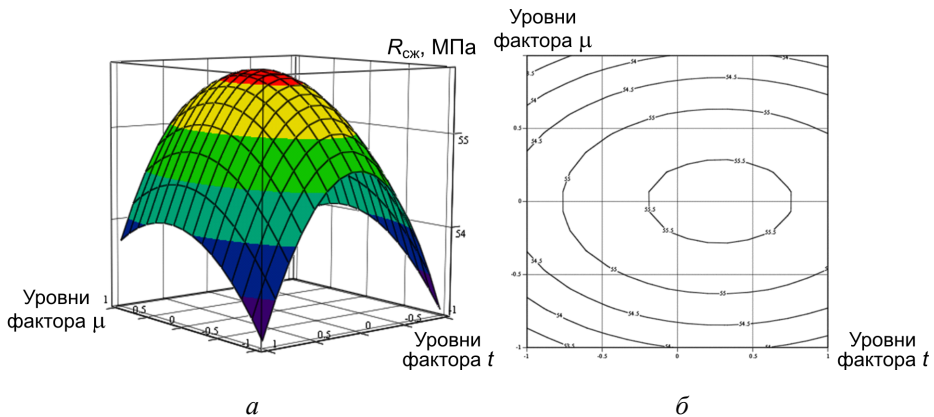


Рис. 2. Зависимость изменения прочности на сжатие бетона от объёмного содержания волокон и способа их распределения: а – объёмное представление зависимости; б – изолинии зависимости

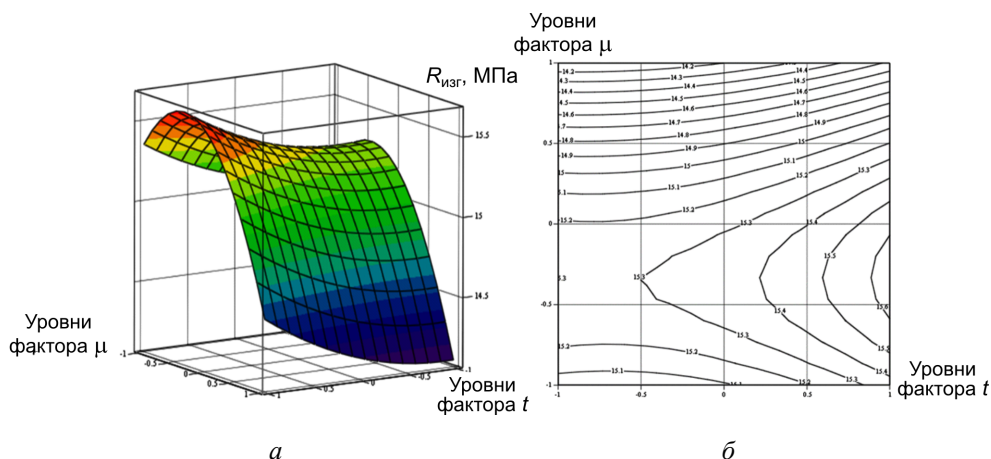


Рис. 3. Зависимость изменения прочности на сжатие бетона от объёмного содержания волокон и способа их распределения: *а* – объёмное представление зависимости; *б* – изолинии зависимости

По результатам экспериментальных исследований прочностных характеристик фибробетона, армированного комбинацией из аморфнометаллической и базальтовой фибры, были получены их значения в зависимости от влияния процента фибрового армирования и способа распределения волокон.

Так, наилучшие показатели прочностных характеристик зафиксированы при применении комбинации из аморфнометаллической и базальтовой фибры, где объёмное содержание аморфнометаллической фибры равно 2 %, базальтовой – 1 %, а наиболее эффективным способом распределения волокна по всему объёму бетонной является смешивание компонентов в следующей последовательности: предварительное смешивание цемента, песка, щебня; смешивание с волокном; смешивание с водой.

Проанализировав полученные данные, отметим, что комбинированное дисперсное армирование является довольно перспективным. Как было сказано ранее, в строительной практике наиболее распространено моноармирование, однако при таком способе дисперсного армирования управление свойствами бетона достаточно ограничено, а при использовании комбинированного дисперсного армирования возможно управлять более широким комплексом свойств.

**Выводы.** Полученные результаты показывают перспективность и целесообразность проведенных исследований, а данные о прочностных свойствах фибробетона, армированного комбинацией из аморфнометаллической и базальтовой фибры, пополняют эмпирическую базу изучения бетонов дан-

ного вида. На полученные результаты можно опираться в будущих расчетах без их опытной апробации.

#### Библиографический список

1. Пантелеев Д.А. Полиармированные фибробетоны с использованием аморфнометаллической фибры: дис. ... канд. техн. наук. – СПбГАСУ, 2016. – 155 с.
2. Холодняк М.Г. Совершенствование расчета и технологии создания виброцентрифугированных железобетонных колонн с учетом вариативности структуры: дис. ... канд. техн. наук. – ДГТУ, 2020. – 185 с.
3. Щербань Е.М. Регулирование структурообразования и свойств теплоизоляционных пено- и фибропенобетонов, активированных малоэнергоемким переменным электрофизическим воздействием, технологическими и рецептурными факторами: дис. ... канд. техн. наук. – Ростов н/Д, 2014. – 216 с.
4. Стельмах С.А. Влияние параметров малоэнергоемких переменных электрических полей на свойства активированных теплоизоляционных пено- и фибропенобетонов: дис. ... канд. техн. наук. – Ростов н/Д, 2014. – 85 с.
5. Волков И.В. Проблемы применения фибробетона в отечественном строительстве // Строительные материалы. – 2006. – № 6. – С. 12–13.
6. Рахимов Р.З. Фибробетон – строительный материал XXI века // Экспозиция – бетон и сухие смеси. – 2008. – № 2 (54). – С. 35–42.
7. Ивлев В.А. Фибробетон в тонкостенных изделиях кольцевой конфигурации: дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2009. – 176 с.
8. Технология бетона, строительных изделий и конструкций / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин, У.Х. Магдеев. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 350 с.
9. Kim J.-J., Yoo D.-Y. Effects of fiber shape and distance on the pullout behavior of steel fibers embedded in ultra-high-performance concrete // Cement and Concrete Composites. – 2019. – Vol. 103. – P. 213–223. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2019.05.006
10. Multiscale study of fibre orientation effect on pullout and tensile behavior of steel fibre reinforced concrete / L. Chen, W. Sun, B. Chen, Z. Shi, J. Lai, J. Feng // Construction and Building Materials. – 2021. – Vol. 283. – P. 122506. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122506
11. Assessment of steel fiber corrosion in self-healed ultra-high-performance fiber-reinforced concrete and its effect on tensile performance / D.-Y. Yoo, W. Shin, B. Chun, N. Banthia // Cement and Concrete Research. – 2020. – Vol. 133. – P. 106091. DOI: 10.1016/j.cemconres.2020.106091
12. Influence of steel fibres on strength and ductility of normal and lightweight high strength concrete / R.V. Balendran, F.P. Zhou, A. Nadeem, A.Y.T. Leung // Building and Environment. – 2020. – Vol. 37, iss. 12. – P. 1361–1367. DOI: 10.1016/S0360-1323(01)00109-3
13. Рабинович Ф.Н. Устойчивость базальтовых волокон в среде гидратирующихся цементов // Стекло и керамика. – 2001. – № 12. – URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6582> (дата обращения: 07.07.2021).
14. Investigation of the influence of the initial composition of heavy concrete designed for the manufacture of ring-section products on its properties / A.I. Shuyskiy, S.A. Stel'makh., E.M. Shcherban, M.G. Kholodnyak // Materials Science Forum. – 2018. – Vol. 931. – P. 508–514. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.508
15. Рецептурно-технологические аспекты получения высококачественных центрифугированных бетонов / А.А. Чернильник, Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, С.В. Чебураков, Д.М. Ельшаева, Н.А. Доценко // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 1 (52). – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5525> (дата обращения: 07.07.2021).
16. Влияние вида заполнителя и дисперсного армирования на деформативность виброцентрифугированных бетонов / Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, М.Г. Холодняк, М.П. Нахуев, Е.М. Рымова, Р.А. Лиев // Вестник евразийской науки. – 2018. – Т. 10, № 5. – С. 72.
17. Сравнение влияния армирования фибровыми волокнами различных видов на свойства центрифугированных и вибрированных изделий из тяжелого бетона класса В50 / С.А. Стельмах,



Е.М. Щербань, А.С. Насевич, М.П. Нажуев, А.Г. Тароян, А.В. Яновская // Вестник евразийской науки. – 2018. – Т. 10, № 5. – С. 66.

18. Влияние различных видов фибры на физико-механические свойства центрифугированного бетона / Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, М.П. Нажуев, А.С. Насевич, В.Е. Гераскина, А.У.-Б. Пошев // Вестник евразийской науки. – 2018. – Т. 10, № 6. – С. 73.

## References

1. Panteleev D.A. Poliarmirovannye fibrobetony s ispol'zovaniem amorfno-metallicheskoj fibry [Polyreinforced fiber concretes using amorphous metal fiber]. dis. ... kand. tekhn. nauk. SPBGASU, 2016, 155 p.

2. Kholodnyak M.G. Sovershenstvovanie rascheta i tekhnologii sozdaniya vibrotsentrigirovannykh zhelezobetonykh kolonn s uchedom variatropii struktury [Improvement of the calculation and technology for creating vibrocentrifuged reinforced concrete columns, taking into account the variatropy of the structure]. dis. ... kand. tekhn. nauk. DSTU, 2020, 185 p.

3. Shcherban' E.M. Regulirovanie strukturoobrazovaniya i svoistv teploizolyatsionnykh peno- i fibropenobetonov, aktivirovannykh maloenergoemkim peremennym elektrofizicheskim vozdeistviem, tekhnologicheskimi i retsepturnymi faktorami [Regulation of the structure formation and properties of heat-insulating foam and fiber foam concrete, activated by low-power variable electrophysical impact, technological and recipe factors]. dis. ... kand. tekhn. nauk. Rostov-on-Don, 2014, 216 p.

4. Stel'makh S.A. Vliyanie parametrov maloenergoemkikh peremennykh elektricheskikh polei na svoistva aktivirovannykh teploizolyatsionnykh peno- i fibropenobetonov [Influence of the parameters of low-power alternating electric fields on the properties of activated heat-insulating foam and fiber foam concrete]. dis. ... kand. tekhn. nauk. Rostov-on-Don, 2014, 85 p.

5. Volkov I.V. Problemy primeneniya fibrobetona v otechestvennom stroitel'stve [Problems of using fiber-reinforced concrete in domestic construction]. *Stroitel'nye materialy*, 2006, № 6, pp. 12–13.

6. Rakhimov R.Z. Fibrobeton – stroitel'nyi material XXI veka [Fiber concrete – building material of the XXI century]. *Ekspozitsiya – beton i sukhie smesi*, 2008, № 2 (54), pp. 35–42.

7. Ivlev V.A. Fibrobeton v tonkostennykh izdeliyakh kol'tsevoi konfiguratsii [Fiber concrete in thin-walled products of circular configuration]. dis. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 2009, 176 p.

8. Bazhenov Yu.M., Alimov L.A., Voronin V.V., Magdeev U.Kh. Tekhnologiya betona, stroitel'nykh izdelii i konstruksii [Technology of concrete, building products and structures]. Moscow, Izd-vo ASV, 2008, 350 p.

9. Kim J.-J., Yoo D.-Y. Effects of fiber shape and distance on the pullout behavior of steel fibers embedded in ultra-high-performance concrete. *Cement and Concrete Composites*, 2019, vol. 103, P. 213–223. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2019.05.006

10. Chen L., Sun W., Chen B., Shi Z., Lai J., Feng J. Multiscale study of fibre orientation effect on pullout and tensile behavior of steel fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 2021, vol. 283, pp. 122506. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122506

11. Yoo D.-Y., Shin W., Chun B., Banthia N. Assessment of steel fiber corrosion in self-healed ultra-high-performance fiber-reinforced concrete and its effect on tensile performance. *Cement and Concrete Research*, 2020, vol. 133, pp. 106091. DOI: 10.1016/j.cemconres.2020.106091

12. Balendran R.V., Zhou F.P., Nadeem A., Leung A.Y.T. Influence of steel fibres on strength and ductility of normal and lightweight high strength concrete. *Building and Environment*, 2020, vol. 37, iss. 12, pp. 1361–1367. DOI: 10.1016/S0360-1323(01)00109-3

13. Rabinovich F.N. Ustoichivost' bazal'tovykh volokon v srede gidratiruyushchikhsya tsementov [Stability of basalt fibers in the environment of hydrating cements]. *Steklo i keramika*, 2001, № 12. Available at: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6582>

14. Shuyskiy A.I., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Kholodnyak M.G. Investigation of the influence of the initial composition of heavy concrete designed for the manufacture of ring-section products on its properties. *Materials Science Forum*, 2018, vol. 931, pp. 508–514. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.931.508

15. Chernil'nik A.A., Shcherban' E.M., Stel'makh S.A., Cheburakov S.V., El'shaeva D.M., Dotsenko N.A. Retsepturno-tekhnologicheskie aspekty polucheniya vysokokachestvennykh tsentrifugirovannykh betonov [Recipe and technological aspects of obtaining high quality centrifuged concrete]. *Inzhenernyi vestnik Dona*, 2019, no. 1. Available at: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5525>.

16. Shcherban E.M., Stel'makh S.A., Kholodnyak M.G., Nazhnev M.P., Rymova E.M., Liev R.A. Vliyanie vida zapolnitelya i dispersnogo armirovaniya na deformativnost' vibrotsentrifugirovannykh betonov [Influence of the type of aggregate and dispersed reinforcement on the deformability of vibrocen- trifuged concretes]. *The Eurasian Scientific Journal*, 2018, vol. 10, № 5, p. 72.

17. Stel'makh S.A., Shcherban E.M., Nasevich A.S., Nazhnev M.P., Taroyan A.G., Yanovskaya A.V. Sravnenie vliyaniya armirovaniya fibrovymi voloknami razlichnykh vidov na svoystva tsentrifugirovannykh i vibrirovannykh izdelii iz tyazhelogo betona klassa B50 [Comparison of the influence of reinforcement with fiber fibers of various types on the properties of centrifuged and vibrated products made of heavy concrete of class B50]. *The Eurasian Scientific Journal*, 2018, vol. 10, № 5, p. 66.

18. Shcherban E.M., Stel'makh S.A., Nazhnev M.P., Nasevich A.S., Geras'kina V.E., Poshev A.U.-B. Vliyanie razlichnykh vidov fibry na fiziko-mekhanicheskie svoystva tsentrifugirovannogo betona [Influence of various types of fiber on the physical and mechanical properties of centrifuged concrete]. *The Eurasian Scientific Journal*, 2018, vol. 10, № 6, p. 73.

Получено 30.04.2021

**E. Vinogradova, D. El'shaeva, Yu. Zherebtsov,  
N. Dotsenko, M. Samofalova, T. Gadzhianslanov**

## **STUDY OF THE EFFECT OF RECIPE AND TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF CONCRETE DISPERSEDLY REINFORCED WITH AMORPHOUS METAL AND BASALT FIBERS**

This research is aimed at studying the strength properties of fiber-reinforced concrete with combined dispersed reinforcement. The change in the strength characteristics of fiber-reinforced concretes by varying the volumetric content of fibers of various types in relation to each other with different methods of fiber distribution in the volume of the concrete mixture was examined. In total, 18 series of basic samples of standard size were manufactured and tested: 27 cubes with dimensions of 100x100x100 mm for compression tests; 27 prisms with dimensions of 100x100x400 mm for tensile bending tests. Also, calculations of strength characteristics were carried out depending on recipe and technological factors. The calculations were carried out by the method of mathematical planning of the experiment. Based on the results obtained, it was concluded that the best strength characteristics were recorded when using a combination of amorphous metal and basalt fiber, where the volume content of amorphous metal fiber is 2%, basalt fiber is 1 %, and the most effective way to distribute fiber throughout the entire volume of concrete is mixing components in the following sequence: preliminary mixing of cement, sand, crushed stone; mixing with fiber; mixing with water. The results obtained show the prospects and expediency of the research, and the data on the strength properties of fiber-reinforced concrete, reinforced with a combination of amorphous metal and basalt fiber, expand the information base for the design of concrete of this type.

**Keywords:** strength, fiber, fiber volumetric content, fiber distribution method, dispersed reinforcement, fiber concrete.

**Виноградова Елена Владимировна** (Ростов-на-Дону, Россия) – доцент кафедры городского строительства и хозяйства, Донской государственной технической университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1, e-mail: alenkavv@yandex.ru).

**Ельшаева Диана Михайловна** (Ростов-на-Дону, Россия) – магистрант кафедры технологического инжиниринга и экспертизы в стройиндустрии, Донской государственной технической университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1, e-mail: diana.elshaeva@yandex.ru).

**Жеребцов Юрий Владимирович** (Ростов-на-Дону, Россия) – магистрант кафедры технологического инжиниринга и экспертизы в стройиндустрии, Донской государственной технической университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1, e-mail: yuri.zherebtsov@gmail.com).

**Доценко Наталья Александровна** (Ростов-на-Дону, Россия) – магистрант кафедры технологического инжиниринга и экспертизы в стройиндустрии, Донской государственной технической университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1, e-mail: natalya\_1998\_dotsenko@mail.ru).

**Самофалова Мария Сергеевна** (Ростов-на-Дону, Россия) – магистрант кафедры технологического инжиниринга и экспертизы в стройиндустрии, Донской государственной технической университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1, e-mail: mary.ss17@yandex.ru).

**Гаджиарсланов Тимур Гаджимуратович** (Ростов-на-Дону, Россия) – магистрант кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов, Донской государственной технической университет (344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1, e-mail: timka.gadzhiarlanov@mail.ru).

**Elena Vinogradova** (Rostov-on-Don, Russian Federation) – Associate Professor of the Department of Urban Construction and Economy, Don State Technical University (344000, Gagarin Square, 1, Rostov-on-Don, e-mail: alenkavv@yandex.ru).

**Diana El'shaeva** (Rostov-on-Don, Russian Federation) – Student of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (344000, Gagarin Square, 1, Rostov-on-Don, e-mail: diana.elshaeva@yandex.ru).

**Yuriy Zherebtsov** (Rostov-on-Don, Russian Federation) – Student of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (344000, Gagarin Square, 1, Rostov-on-Don, e-mail: yuri.zherebtsov@gmail.com).

**Natal'ya Dotsenko** (Rostov-on-Don, Russian Federation) – Student of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (344000, Gagarin Square, 1, Rostov-on-Don, e-mail: natalya\_1998\_dotsenko@mail.ru).

**Mariya Samofalova** (Rostov-on-Don, Russian Federation) – Student of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (344000, Gagarin Square, 1, Rostov-on-Don, e-mail: mary.ss17@yandex.ru).

**Timur Gadzhiaslanov** (Rostov-on-Don, Russian Federation) – Student of the Department of Engineering Geology, Bases and Foundations, Don State Technical University (344000, Gagarin Square, 1, Rostov-on-Don, e-mail: timka.gadzhiarlanov@mail.ru).