

Строительные материалы и изделия

DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2021-2-10>
УДК 691.32

А.А. Чернильник, Д.М. Ельшаева, Н.А. Доценко, М.С. Самофалова, Ю.В. Жеребцов, М.В. Гончаров, А.У.-Б. Пошев

ЧЕРНИЛЬНИК АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ – соискатель
(автор, ответственный за переписку), SPIN: 6270-5079,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-2587>, chernila_a@mail.ru
ЕЛЬШАЕВА ДИАНА МИХАЙЛОВНА – магистрант,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8086-6300>, diana.elshaeva@yandex.ru
ДОЦЕНКО НАТАЛЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА – магистрант,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7829-6401>, natalya_1998_dotsenko@mail.ru
САМОФАЛОВА МАРИЯ СЕРГЕЕВНА – магистрант,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9950-8696>, mary.ss17@yandex.ru
ЖЕРЕБЦОВ ЮРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ – магистрант,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6162-0049>, yuri.zherebtsov@gmail.com
ГОНЧАРОВ МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ – магистрант, imagiro2@gmail.com
ПОШЕВ АЗРАИЛЬ УМАР-БЕКОВИЧ – магистрант, azrail.poshev@mail.ru
Донской государственный технический университет
Ростов-на-Дону, Россия

Влияние рецептурных факторов на деформативные свойства бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй

Аннотация: На сегодняшний день применение базальтового волокна при производстве фибробетонов – одно из наиболее перспективных направлений. Для улучшения деформативных свойств бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй авторы предлагаемой статьи исследовали влияние рецептурных факторов, а именно процента фибрового армирования и процентного соотношения содержания керамзита по отношению к граниту, по объему. Всего изготовлено и испытано 18 серий базовых образцов стандартного размера, призмы 54 шт. размерами 150x150x600 мм для испытаний на осевое сжатие и растяжение. Также были проведены расчеты деформативных характеристик в зависимости от рецептурных факторов, расчеты производились методом математического планирования эксперимента – полнофакторный эксперимент. На основании полученных результатов сделан вывод: наиболее эффективно применение базальтовой фибры в количестве 4,5%, а также крупного заполнителя с содержанием керамзита по отношению к граниту по объему в количестве 60%.

Ключевые слова: базальтовая фибра, фиброволокна, деформативные свойства, керамзит, гранит, модуль упругости, процент фибрового армирования

Введение

На сегодняшний день применение базальтового волокна при производстве фибробетонов одно из наиболее перспективных направлений в строительстве. Применение базальтовой фибры повышает деформационную способность бетона: вносимое фиброволокнами незначительное количество воздуха в бетонную смесь способствует образованию небольших пор, что позволяет при замораживании свободной воде расширяться в этих порах. Также базальтовые

© Чернильник А.А., Ельшаева Д.М., Доценко Н.А., Самофалова М.С., Жеребцов Ю.В., Гончаров М.В., Пошев А.У.-Б., 2021

Статья: поступила: 26.04.2021; рецензия: 29.04.2021; финансирование: Донской государственный технический университет.

фиброволокна ограничивают перемещение воды, а это, в свою очередь, приводит к более лучшей гидратации цемента [1].

Бетоны с базальтовой фиброй превосходят традиционные по таким показателям, как сопротивление удару (в 5 раз) и устойчивость к истиранию (выше на 20–40%) [2, 3].

Проанализировав способы получения расплавов из базальтовой породы, авторы работы [4] пришли к выводу, что электротермический метод плавления исходного сырья в сравнении с ваграночным и ванным наиболее выгодный, так как позволяет значительно сократить затраты за счет перехода от многостадийного к одностадийному производству [4].

Выделяют несколько основных способов получения фиброволокон: дутьевой, дисковый, валковый. Например, при дутьевом способе производства формирование фиброволокон осуществляется за счет раздува струей сжатого воздуха или пара расплава, вытекающего из плавильного агрегата [4, 5].

За последние годы проведено весомое количество исследований в области повышения коррозионной стойкости базальтовой фибры. На основании полученных данных можно выделить следующие основные способы защиты фиброволокон от воздействия щелочной среды: применение кремнеземсодержащих добавок и малоцементных вяжущих [6, 7].

Добиться стабильных физико-механических показателей дисперсно-армированных бетонов можно лишь при условии равномерного распределения фибры по всему объему бетонной смеси, поэтому в технологии фибробетонов особое внимание уделяется проблеме неравномерного распределения фиброволокон по всему объему цементной матрицы с образованием комков. Для ее устранения прибегают к таким технологическим операциям, как постадийное введение базальтовой фибры в бетонную смесь с использованием турбулентного смесителя, предварительное перемешивание фибры с цементом в шаровых и пружинных мельницах с применением суперпластификаторов, а также предварительное смешивание цемента, песка и добавок с дальнейшим введением фибры и воды [8, 9].

Технологическую схему производства базальтофибробетонной смеси условно можно описать такой последовательностью операций: предварительное перемешивание фибры с цементом в вибрационной мельнице, приготовление раствора нужной концентрации (вода затворения + добавка), дозировка мелкого и крупного заполнителя. Завершающий этап – перемешивание всех компонентов в смесителе принудительного действия и выгрузка готовой базальтофибробетонной смеси. Волокна базальтовой фибры перед загрузкой в мельницу предварительно режутся на более мелкие. Цемент загружается в вибрационную мельницу с помощью пневмонасоса. После кратковременного перемешивания смесь цемента и базальтовой фибры поступает в расходный бункер, откуда осуществляется ее дозировка в бетоносмеситель. Доставка заполнителей из приемного бункера в расходный происходит с помощью системы ленточных конвейеров [10–12, 15, 17].

Цель предлагаемой статьи – деформативные свойства бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй за счет варьирования рецептурных факторов, а именно изменение процентного соотношения содержания керамзита по отношению к граниту по объему и процента фибрового армирования.

Материалы и методы

Всего изготовлено и испытано 18 серий базовых образцов стандартного размера:

призма 27 шт. – 150x150x600 мм для испытаний на осевое сжатие;

призма 27 шт. – 150x150x600 мм для испытаний на осевое растяжение.

Для исследований нами было применено: технологическое оборудование (бетоносмеситель лабораторный БЛ-10), средства измерений (весы лабораторные, линейки и цепочки тензодатчиков базой 50 мм и индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм) [13, 14, 16].

Испытания на осевое сжатие и осевое растяжение проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 24452.

В табл. 1 приведены экспериментальные составы бетонов с комбинированным заполнителем (гранит + керамзит) и базальтовой фиброй.

Таблица 1

Экспериментальные составы бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй

Состав, №	Фракция крупного заполнителя, мм	Расход материалов на 1 м ³ , кг				
		Керамзит	Песок	Цемент	Щебень	Базальтовое волокно, (% от вяж.), кг
1	10,0–20,0	101	689	315	724	3,5
3	10,0–20,0	152	689	315	481	3,5
5	10,0–20,0	127	689	315	602	3,5
7	10,0–20,0	101	689	315	724	4
8	10,0–20,0	152	689	315	481	4
9	10,0–20,0	127	689	315	602	4
2	10,0–20,0	101	689	315	724	4,5
4	10,0–20,0	152	689	315	481	4,5
6	10,0–20,0	127	689	315	602	4,5

Также были проведены расчеты деформативных свойств бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй в зависимости от рецептурных факторов. Расчеты производились методом математического планирования эксперимента (ПФЭ 2^к) с использованием программы MathCAD.

Результаты и их обсуждение

Процентное содержание керамзита по отношению к граниту по объему варьировалось в следующих соотношениях:

- в первом случае – 40%;
- во втором – 50%;
- в третьем – 60%.

Процент фибрового армирования изменялся от 3,5 до 4,5 с интервалом варьирования 0,5.

Результаты экспериментальных исследований влияния рецептурных факторов на деформативные свойства бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй представлены в табл. 2 и на рисунках 1–3.

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований влияния рецептурных факторов на деформативные свойства бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй

Опыт, №	Фибровое армирование, %	Содержание керамзита по отношению к граниту, по объему	Предельные деформации при осевом сжатии, мм/м·10 ⁻³	Предельные деформации при осевом растяжении, мм/м·10 ⁻⁴	Модуль упругости, МПа
1	3,5	0,4	4,02	2,01	25,5
3	3,5	0,6	4,00	1,19	26,1
5	3,5	0,5	3,98	1,18	26,4
7	4	0,4	3,90	1,15	26,8
8	4	0,6	4,03	1,19	27,5
9	4	0,5	3,98	2,01	26,9
2	4,5	0,4	4,01	2,03	25,8
4	4,5	0,6	3,68	1,13	28,1
6	4,5	0,5	3,79	1,17	27,8

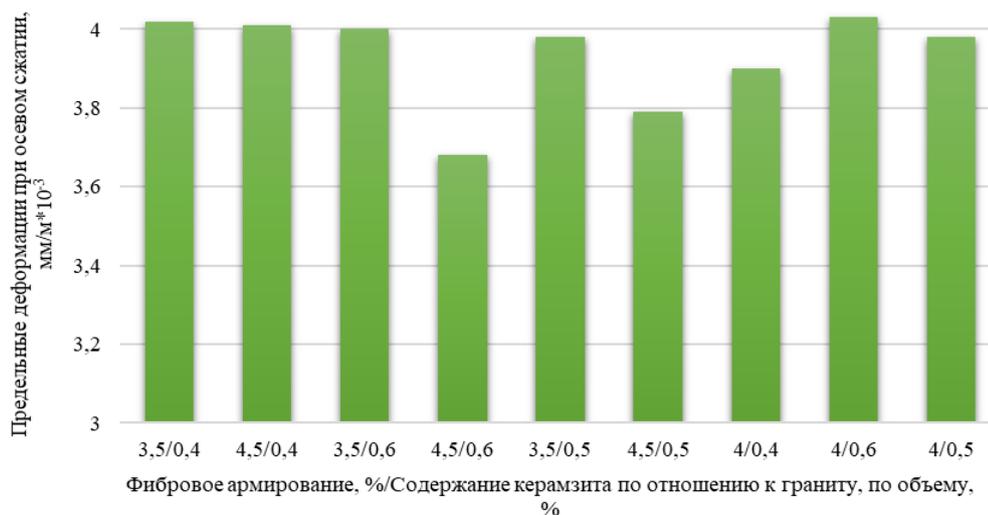


Рис. 1. Зависимость изменения предельных деформаций при осевом сжатии бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй от рецептурных факторов

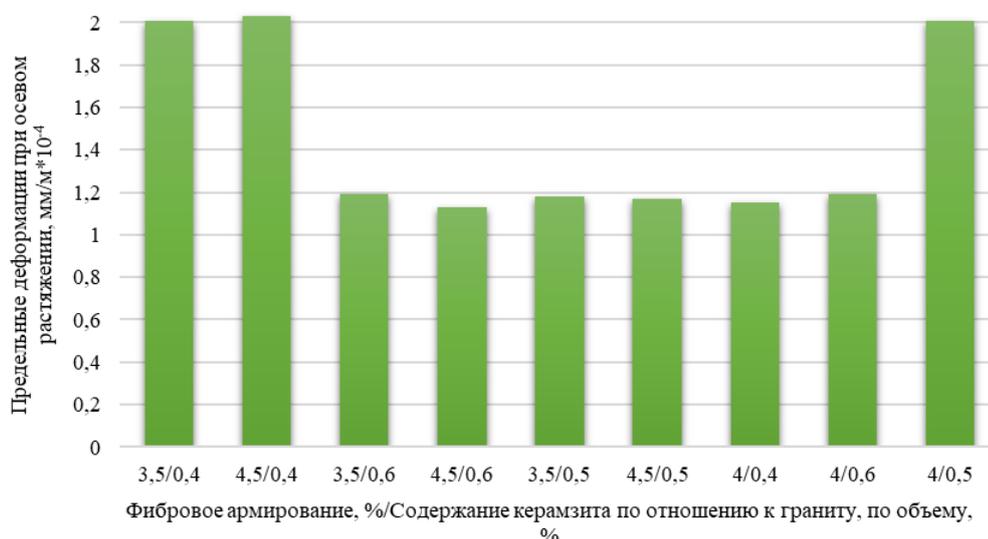


Рис. 2. Зависимость изменения предельных деформаций при осевом растяжении бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй от рецептурных факторов

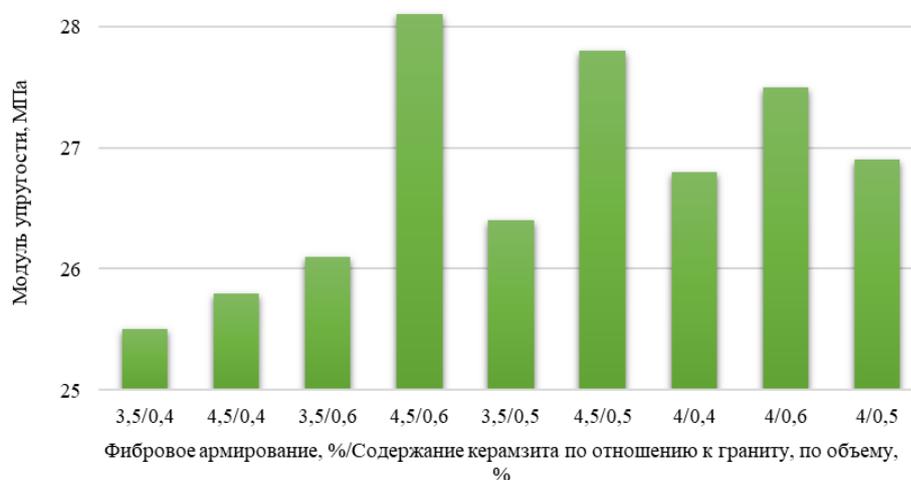


Рис. 3. Зависимость изменения модуля упругости бетонов комбинированного состава

Определение деформативных характеристик бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй произведено с помощью регрессионных зависимостей, вид и значения коэффициентов которых вычисляют методами математического планирования эксперимента.

В качестве функций примем изменившиеся из-за рецептурных факторов характеристики бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй. В качестве же аргументов – рецептурные факторы (процент фибрового армирования; содержание керамзита по отношению к граниту по объему) в абсолютных показателях с различными уровнями варьирования.

Расчеты производились методом математического планирования эксперимента – полнофакторный эксперимент (ПФЭ 2²). Значения рецептурных факторов представлены в табл. 3.

За функцию отклика были приняты параметры:

- $\epsilon_{bR}(\mu, k)$ – предельные деформации при осевом сжатии, мм/м;
- $\epsilon_{btR}(\mu, k)$ – предельные деформации при осевом растяжении, мм/м;
- $E_b = E_{bt}(\mu, k)$ – модуль упругости, МПа.

Таблица 3

Значения рецептурных факторов ПФЭ 2²

№ п/п	Код фактора	Физический смысл фактора	Ед. измерения	Интервал варьирования	Уровни фактора		
					-1	0	+1
1	μ	Фибровое армирование	%	$\pm 0,5$	3,5	4	4,5
2	k	Содержание керамзита по отношению к граниту по объему	%	$\pm 0,1$	0,4	0,5	0,6

В табл. 4 представлены рассчитанные коэффициенты уравнений регрессии для опытных образцов.

Таблица 4

Рассчитанные коэффициенты уравнений регрессии для опытных образцов базальтофибробетонов

Выходной параметр уравнения		Коэффициенты уравнений регрессии					
		B_0	B_1	B_2	B_{12}	B_{11}	B_{22}
ϵ_{bR}	Предельные деформации при осевом сжатии, мм/м	3,93	-0,0096	-0,0041	-0,155	-0,0191	0,0076
ϵ_{btR}	Предельные деформации при осевом растяжении, мм/м	1,45	-0,0009	-0,0311	-0,04	0,0005	-0,0012
$E_b = E_{bt}$	Модуль упругости, МПа	26,77	0,0685	0,0667	0,85	-0,1514	-0,1347

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

$$\epsilon_{bR}(\mu; k) = 3,93 - 0,0096 \cdot \mu - 0,0041 \cdot k - 0,155 \cdot k \cdot \mu - 0,0191 \cdot \mu^2 + 0,0076 \cdot k^2$$

$$\epsilon_{btR}(\mu; k) = 1,45 - 0,0009 \cdot \mu - 0,0311 \cdot k - 0,04 \cdot k \cdot \mu + 0,0005 \cdot \mu^2 - 0,0012 \cdot k^2$$

$$E_b = E_{bt}(\mu; k) = 26,77 + 0,0685 \cdot \mu + 0,0667 \cdot k + 0,85 \cdot k \cdot \mu - 0,1514 \cdot \mu^2 - 0,1347 \cdot k^2$$

Графическая интерпретация математических зависимостей представлена на рисунках 4–6.

Итак, экспериментальные исследования деформативных свойств бетонов комбинированного состава с базальтовой фиброй позволили получить их значения в зависимости от процентного соотношения содержания керамзита по отношению к граниту по объему и проценту фибрового армирования.

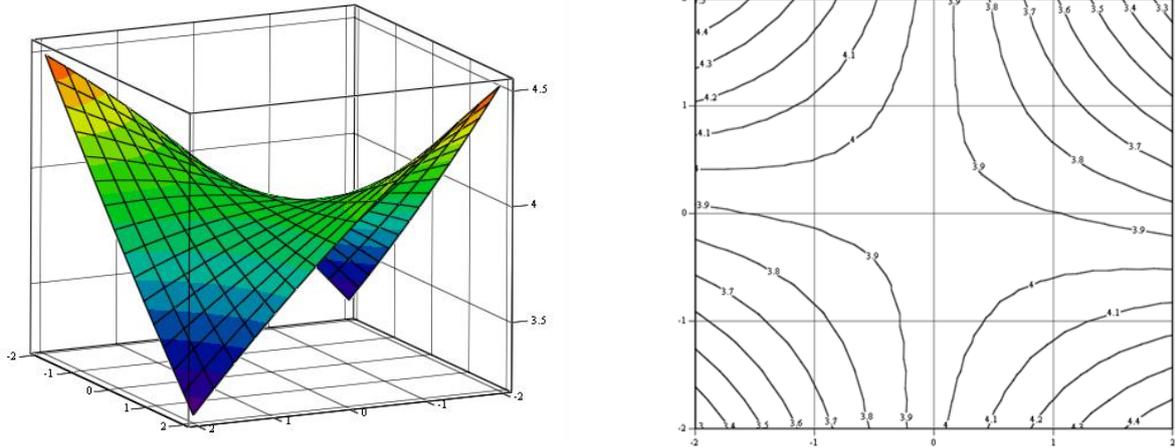


Рис. 4. Зависимость изменения предельных деформаций при осевом сжатии от процента фибрового армирования и содержания керамзита по отношению к граниту по объему

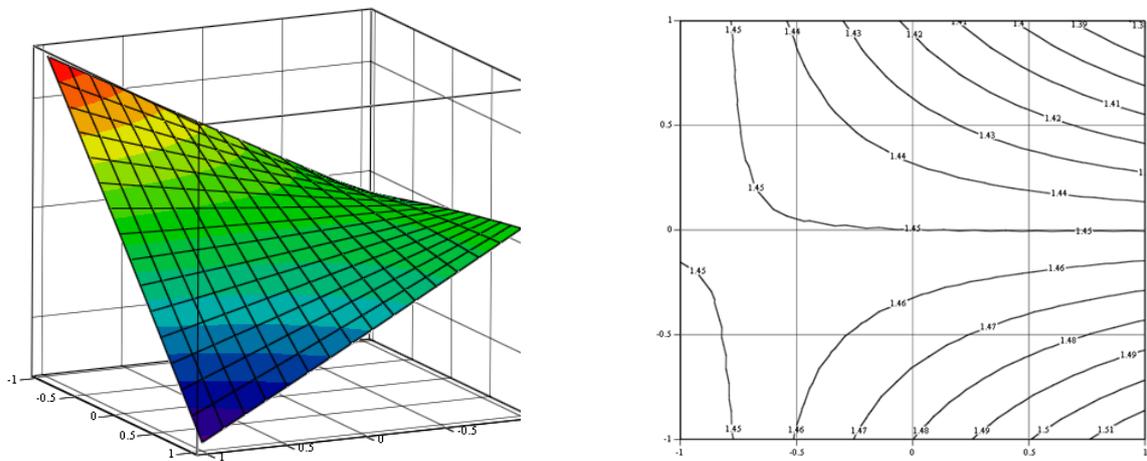


Рис. 5. Зависимость изменения предельных деформаций при осевом растяжении от процента фибрового армирования и содержания керамзита по отношению к граниту по объему

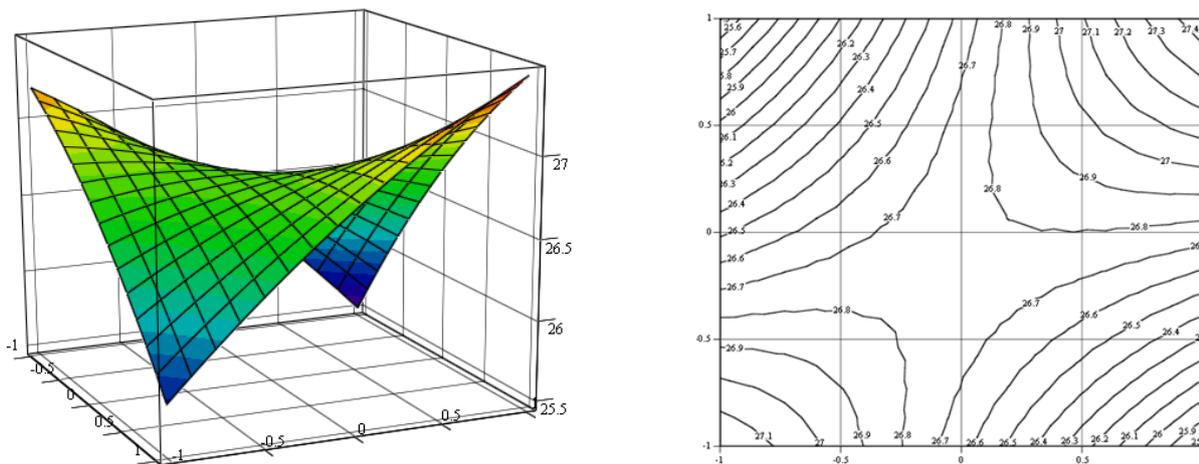


Рис. 6. Зависимость изменения модуля упругости от процента фибрового армирования и содержания керамзита по отношению к граниту по объему

Как иллюстрируют рисунки 1–3, наименьшие значения предельных деформаций при осевом сжатии и растяжении и наибольшее значение модуля упругости были достигнуты при содержании керамзита по отношению к граниту по объему в количестве 60% и проценте фибрового армирования, равном 4,5.

Выводы

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что наиболее эффективно применение базальтовой фибры в количестве 4,5% и крупного заполнителя с содержанием керамзита по отношению к граниту по объему в количестве 60%.

Результаты, полученные при исследовании деформативных свойств облегченного бетона с базальтовой фиброй, могут быть внедрены в строительное производство, строительство, проектирование, нормативные документы производственного значения, а также в учебный процесс.

В дальнейшем планируется провести исследование бетона комбинированного состава с другими видами фибры при различных технологиях изготовления.

Заявленный вклад авторов: А.А. Чернильник – одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей на публикацию; Д.М. Ельшаева – написание статьи; Н.А. Доценко – сбор, анализ и интерпретация материала; М.С. Самофалова – формулировка цели, задач исследования, общее руководство; Ю.В. Жеребцов – изготовление образцов для испытаний; М.В. Гончаров – проведение экспериментов, анализ результатов; А.У.-Б. Пошев – обработка данных эксперимента, построение графиков и таблиц для статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков В.В. Возможности модифицированных бетонов в современном строительстве // Опыт и перспективы использования модифицированных бетонов с суперпластификаторами компании «Полиспласт»: материалы науч.-техн. конф. Уфа: Мир печати, 2006. С. 20–32.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
3. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. М.: Изд-во АСВ, 2004.
4. Боровских И.В. Высокопрочный тонкозернистый базальтофибробетон: дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2009.
5. Войлоков И.А., Канаев С.Ф. Базальтофибробетон. Исторический экскурс // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 4. С. 26–31.
6. Волков И.В. Проблемы применения фибробетона в отечественном строительстве // Строительные материалы. 2006. № 6. С. 12–13.
7. Волков И.В. Фибробетон: состояние и перспективы применения в отечественных конструкциях // Строительные материалы, технология и оборудование XXI века. 2004. № 5. С. 5–7.
8. Пухаренко Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетона: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2004.
9. Пухаренко Ю.В. Реставрация и строительство: потенциал фиброармированных материалов и изделий // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/issue/view?id=104> (дата обращения: 05.04.2021)
10. Рабинович Ф.Н. Дисперсноармированные бетоны. М.: Стройиздат, 1989. 175 с.
11. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. М.: Изд-во АСВ, 2004. 560 с.
12. Рабинович Ф.Н., Зуева В.Н., Макеева Л.В. Устойчивость базальтовых волокон в среде гидратирующихся цементов // Стекло и керамика. 2001. № 12. С. 29–32. URL: <http://www.glass-ceramics.ru/archive.php> (дата обращения: 05.04.2021).
13. Халюшев А.К., Прудников В.В., Стельмах С.А., Щербань Е.М., Нажуев М.П. Оценка эффективности комбинирования минеральных добавок в мелкозернистом бетоне // Наукоедение: интернет-журнал. 2017. Т. 9, № 5. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/25TVN517.pdf> (дата обращения: 05.04.2021).
14. Чернильник А.А., Щербань Е.М., Стельмах С.А., Чебураков С.В., Ельшаева Д.М., Доценко Н.А. Рецептурно-технологические аспекты получения высококачественных центрифугированных бетонов // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1(52). URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_77_Chernilnik_Shcherban.pdf_88bca914ae.pdf (дата обращения: 05.04.2021).

15. Чернышов Е.М., Коротких Д.Н. Высокотехнологичные и высокопрочные бетоны: вопросы управления их структурой // Наука и инновации в строительстве. Современные проблемы строительного материаловедения и технологии: материалы международного конгресса 2008, Воронеж. Т. 1, кн. 2. Воронеж: ВГАСУ, 2008. С. 616–620.
16. Щербань Е.М., Стельмах С.А., Холодняк М.Г., Нажуев М.П., Рымова Е.М., Лиев Р.А. Влияние вида заполнителя и дисперсного армирования на деформативность виброцентрифугированных бетонов // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10, № 5. URL: <https://esj.today/PDF/51SAVN518-.pdf> (дата обращения: 05.04.2021).
17. Ferrotto M.F., Fischer O., Cavaleri L. Analysis-oriented stress–strain model of CRFP-confined circular concrete columns with applied preload. *Mater Struct.* 2018(51):44. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1169-0>

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2021. N 2/47

Building Materials and Products

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2021-2-10>

Chernil'nik A., El'shaeva D., Dotsenko N., Samofalova M., Zherebtsov Yu.,
Goncharov M., Poshev A.

ANDREI ChERNIL'NIK, External Student (Corresponding Author),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-2587>, chernila_a@mail.ru

DIANA EL'SHAEVA, MS-Student, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8086-6300>,
diana.elshaeva@yandex.ru

NATAL'YA DOTSENKO, MS-Student, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7829-6401>,
natalya_1998_dotsenko@mail.ru

MARIYA SAMOFALOVA, MS-Student, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9950-8696>,
mary.ss17@yandex.ru

YURII ZHEREBTsOV, MS-Student, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6162-0049>,
yuri.zherebtsov@gmail.com

MAKSIM GONChAROV, MS-Student, imagiro2@gmail.com

AZRAIL' POSHEV, MS-Student, azrail.poshev@mail.ru

Don State Technical University

Rostov-on-Don, Russia

Influence of prescription factors on the deformative properties of concretes of combined composition with basalt fiber

Abstract: As of today, usage of basalt fiber in the production of fiber-reinforced concrete is one of the most promising trends. In order to improve the deformative properties of concretes of combined composition with basalt fiber, we studied the effect of recipe factors, namely, percentage of fiber reinforcement and percentage of expanded clay content in relation to granite by volume. In total, 18 series of basic samples of standard size were manufactured and tested, 54 prisms with dimensions 150x150x600 mm for axial compression and tension tests. Also, calculations of deformative characteristics were carried out depending on the recipe factors; all calculations were carried out with the method of mathematical planning of the experiment – a full-factor experiment. Based on the results obtained, it was concluded that the most effective way is to use basalt fiber in the amount of 4.5% along with using coarse aggregate containing expanded clay in relation to granite in the amount of 60% by volume.

Keywords: basalt fiber, fiberglass, deformation properties, expanded clay, granite, modulus of elasticity, percentage of fiber reinforcement

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

REFERENCES:

1. Babkov V.V. Possibilities of modified concrete in modern construction. Experiences and possibilities of using modified concretes with suplasticizers from *Polysplast*, Ufa, Publishing House *Print World*, 2006, pp. 20–32.
2. Bazhenov Yu.M. Concrete technology. M., ASV Publishing, 2002, 500 p.
3. Bazhenov Yu.M. Alimov L.A., Voronin V.V. Technology of concrete, building products and structures. M., ASV Publishing, 2004.
4. Borovskikh I.V. High-strength fine-grained basalt fiber concrete. Dissertation... Candidate of Technical Sciences. Kazan, 2009.
5. Voilokov I.A., Kanaev S.F. Basalt fiber concrete. Historical excursus. *Engineering and Construction Journal*. 2009(4):26–31.
6. Volkov I.V. Problems of using fiber-reinforced concrete in domestic construction. *Building Materials*. 2006(6):12–13.
7. Volkov I.V. Fiber concrete: state and prospects of use in domestic structures. *Building Materials, Technology and Equipment of the XXI Century*. 2004(5):5–7.
8. Pukhareno Yu.V. Scientific and practical bases for the formation of the structure and properties of fiber-reinforced concrete. Dissertation... Candidate of Technical Sciences. St. Petersburg, 2004.
9. Pukhareno Yu.V. Restoration and construction: the possibilities of fiber-reinforced materials and products. *Modern Problems of Science and Education*. 2012(4). URL: <https://science-education.ru/ru/issue/view?id=104> – 05.04.2021.
10. Rabinovich F.N. Dispersion-reinforced concrete. M., Stroyizdat, 1989, 175 p.
11. Rabinovich F.N. Composites based on dispersed reinforced concrete. Questions of theory and design, technology, construction. M., ASV Publishing, 2004, 560 p.
12. Rabinovich F.N., Zueva V.N., Makeeva L.V. Stability of basalt fibers in the environment of hydrating cements. *Glass and Ceramics*. 2001(12):29–32. URL: <http://www.glass-ceramics.ru/archive.php> – 05.04.2021.
13. Khalyushev A.K., Prudnikov V.V., Stel'makh S.A., Shcherban' E.M., Nazhnev M.P. Evaluation of the effectiveness of the combination of mineral additives in fine-grained concrete. *Internet Journal Naukovedenie*. 2017(5). URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/25TVN517.pdf> – 05.04.2021.
14. Chernil'nik A.A., Shcherban' E.M., Stel'makh S.A., Cheburakov S.V., El'shaeva D.M., Dotsenko N.A. Recipe and technological aspects of high quality centrifuged concretes. *Engineering Bulletin of the Don*. 2019(1)52. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_77_Chernilnik_Shcherban.pdf_88bca914ae.pdf – 05.04.2021.
15. Chernyshov E.M., Korotkikh D.N. High-tech and high-strength concretes: issues of managing their structure. *Science and Innovations in Construction, Modern Problems of Building Materials and Technology: intern. congress. Voronezh, VGASU*, 2008, pp. 616–620.
16. Shcherban' E.M., Stel'makh S.A., Kholodnyak M.G., Nazhnev M.P., Rymova E.M., Liev R.A. Influence of the type of filler and dispersed reinforcement on the deformability of vibrocentrifuged concretes. *Bulletin of Eurasian Science*. 2018(5):72. URL: <https://esj.today/PDF/51SAVN518.pdf> – 05.04.2021.
17. Ferrotto M.F., Fischer O., Cavaleri L. Analysis-oriented stress–strain model of CRFP-confined circular concrete columns with applied preload. *Mater Struct*. 2018(51):44. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1169-0>