

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №1, Том 13 / 2021, No 1, Vol 13 <https://esj.today/issue-1-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/21SAVN121.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Левкович Т.И., Токар Н.И., Мевлидинов З.А., Ласман И.А., Федоров И.С., Ласман В.С. Разработка и исследование свойств составов цементно-фибробетонов для дорожного строительства // Вестник Евразийской науки, 2021 №1, <https://esj.today/PDF/21SAVN121.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Levkovich T.I., Tokar N.I., Mevlidinov Z.A., Lasman I.A., Fedorov I.S., Lasman V.S. (2021). Development and research of properties of compositions of cement-fiber concrete for road construction. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 1(13). Available at: <https://esj.today/PDF/21SAVN121.pdf> (in Russian)

**УДК 666.972.1**

**ГРНТИ 67.09.33**

**Левкович Татьяна Ивановна**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия  
Доцент  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [tilevkovich@mail.ru](mailto:tilevkovich@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8372-8114>

**Токар Николай Иванович**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия  
Доцент  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [nikolay\\_tokar@mail.ru](mailto:nikolay_tokar@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8263-6111>

**Мевлидинов Зелгедин Алаудинович**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия  
Доцент  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [zelgedinm@yandex.ru](mailto:zelgedinm@yandex.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7071-8339>

**Ласман Ирина Александровна**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия  
Доцент  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [i.Lasman@mail.ru](mailto:i.Lasman@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2865-7496>

**Федоров Иван Сергеевич**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия  
Студент 1 курса магистратуры  
E-mail: [fedorovfrost@yandex.ru](mailto:fedorovfrost@yandex.ru)

**Ласман Виталия Станиславовна**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия  
Студентка 1 курса магистратуры  
E-mail: [vitaliyalasman@mail.ru](mailto:vitaliyalasman@mail.ru)

## Разработка и исследование свойств составов цементофибробетонов для дорожного строительства

**Аннотация.** Наряду с появлением новых эффективных материалов цементобетонные и железобетонные конструкции продолжают сохранять одно из ведущих мест при строительстве объектов промышленного значения, гражданских зданий, а также конструктивных слоев дорожных одежд, причем с каждым годом возрастает разнообразие видов бетонов.

Из цементофибробетонных смесей можно получить дорожные покрытия с высокой прочностью на вертикальные сжимающие нагрузки от тяжеловесных машин, на горизонтальные сдвигающие нагрузки (особенно при торможении машин).

Целью выполняемой работы являлось определение некоторых физико-механических свойств микроармированных цементофибробетонов. В частности, определение прочности на сжатие и растяжение с изгибом цементофибробетонов в зависимости от материала фибр, используемых при приготовлении смесей, от вида воды затворения цементофибробетонных смесей, а также определение размеров, массы, средней плотности, водопоглощения и водонасыщения цементофибробетонных образцов.

Использование отработанных металлических канатов стропов, а также отходов химической промышленности (полиэтилена, пластмасс) приводит к их утилизации. Использование этих отходов в цементофибробетонных смесях придает цементофибробетону разные положительные качества. Такие цементофибробетоны обладают повышенной вязкостью разрушения, высокой прочностной стабильностью и стойкостью к климатическим воздействиям.

Авторами научной статьи проводилось изучение фактического воздействия магнитного поля на воду затворения цементофибробетонной смеси.

Воду готовили на кафедре «Производства строительных материалов и конструкций» Брянского государственного инженерно-технологического университета, где создана установка для обработки воды магнитным полем.

Образцы цементофибробетона с металлической нитью, имели большую прочность и трещиностойкость, по сравнению с образцами при использовании фибр из другого материала.

Необходимо учитывать, что с увеличением количества полиэтиленовых гранул (фибр), вводимых смесь, прочность фиброцементобетона будет значительно уменьшаться по сравнению с образцами с металлическими фибрами. Количество полиэтиленовых гранул (фибр) в цементобетонных смесях можно ограничить 1 % сверх массы цемента.

За счет использования омагниченной воды при приготовлении смесей прочность цементофибробетонных образцов также возрастает на 10...15 % по сравнению со смесями, не обработанными электрическим током.

**Ключевые слова:** цементофибробетон; микроарматура; металлические фибры; полиэтиленовые гранулы; автомобильная дорога; основание; покрытие; прочность; исследование; преимущества

### Введение

В Российской Федерации и за рубежом в современном дорожном строительстве практически каждый день происходит внедрение новых технологий и осуществляется выпуск новых модернизированных и эффективных дорожно-строительных материалов. При этом

дорожно-строительным материалам уделяется особо значимая роль, так как от вида применяемого материала зависят технологии его приготовления и использования, а также комплекты укладочных, уплотняющих и отделочных машин.

Наряду с появлением новых эффективных материалов цементобетон и железобетонные конструкции продолжают сохранять одно из ведущих мест при строительстве объектов промышленного значения, гражданских зданий, а также конструктивных слоев дорожных одежд, причем с каждым годом возрастает разнообразие видов бетонов [1].

При строительстве слоев оснований и покрытий получили применение в основном следующие дорожно-строительные материалы: чернощебеночные, асфальтобетонные, пластбетонные, полимербетонные, цементобетонные, цементофибробетонные смеси, а также сборные железобетонные плиты. Для строительства оснований используют такие материалы как: песок, песчано-гравийную смесь, шлак, щебень, укрепленные грунты и др.

Из цементофибробетонных смесей можно получить дорожные покрытия с высокой прочностью на вертикальные сжимающие нагрузки от тяжеловесных машин, на горизонтальные сдвигающие нагрузки (особенно при торможении машин).

Искусственный камень (конгломерат), полученный в результате набора прочности цементофибробетонной смеси получил название фибробетон.

### **Анализ состояния проблемы**

В последнее время фибробетон становится широко применяемым материалом в самых различных отраслях строительства. Он нашел применение при строительстве взлетных полос аэродромов, полов промышленных зданий, автомобильных дорог, ремонте зданий и сооружений. Все это обусловлено тем, что данный материал, обладая высокими прочностными характеристиками, позволяет уменьшить его необходимый объем в той или иной конструкции, что влечет за собой снижение ее стоимости. Таким образом, фибробетон изучается и совершенствуется учеными со всего мира.

Применение цементофибробетона для автомобильных дорог широко распространено в западной Европе, США, ЮАР. Более 70 % всех дорог в этих регионах цементобетонные или цементофибробетонные. Как известно, срок их службы в 3–4 раза превышает срок службы асфальтобетонных покрытий [2–7].

В нашей стране данный материал еще не получил широкого распространения в дорожной сфере, но уже наметилась тенденция к строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог всех уровней. Это, безусловно, требует разработки рецептов разных по составу и свойствам не только цементобетонов, но и цементофибробетонов для строительства дорожных покрытий и для их ремонта.

Дорожные покрытия при эксплуатации подвергнуты высоким динамическим нагрузкам, климатическому воздействию по периодам года (перепады температур, дождь-снег, циклы замораживания-оттаивания и т. д.). Поэтому дорожные покрытия должны иметь повышенную устойчивость к разрушению от всех этих агрессивных факторов.

Известно [2–7], что высокую прочность на изгиб цементофибробетону придает включение в его состав фиброволокон. Фиброволокна воспринимают растягивающие усилия. Поэтому одним из важных моментов при проектировании цементофибробетона является подбор подходящего вида фиброволокон, оценка оптимального процента армирования для достижения максимальных результатов с точки зрения эксплуатационных характеристик и экономических показателей.

При приготовлении цементофибробетонных смесей используют наполнитель – армирующие материалы. Эти материалы имеют волокнистую форму. К ним можно отнести: короткие отрезки стальной проволоки, стеклянные, полиэтиленовые, пропиленовые, асбестовые, базальтовые, углеродные фибры длиной до 5...10 мм, а также волокна, получаемые из отходов тяжелой и легкой промышленности.

### Постановка цели, определение задач и результаты

Фибры – отрезки представляют собой арматуру в бетонной смеси. Они могут быть короткими, длиной 6 мм и диаметром 0,2 мм и длинными. У них длина до 30 мм, диаметр 0,3 мм [8]. Такие фибры называют еще микроарматурой.

Существует две группы фибр. Первая группа – фибры замкнутой формы, вторая группа – фибры разомкнутые, в виде отрезков.

В последнее время фибры замкнутой формы применяются мало, их трудно изготавливать.

**Целью** выполняемой работы являлось определение некоторых физико-механических свойств микроармированных цементофибробетонов.

В частности, определение и прочности на сжатие и растяжение с изгибом цементофибробетонов в зависимости от материала фибр, используемых при приготовлении смесей [1], от вида воды затворения цементофибробетонных смесей, а также определение размеров, массы, средней плотности, водопоглощения и водонасыщения цементофибробетонных образцов.

**Основными задачами** работы являлись: заготовка металлических, стеклянных и пластмассовых фибр; заготовка омагниченной воды; приготовление цементофибробетонной смеси с использованием фибр и омагниченной воды; выдержка цементофибробетонных образцов в эксикаторе в течение 28 суток; проведение испытаний образцов и затем обработку полученных результатов.

Стальные фибры круглого сечения изготавливались рубкой отработанных металлических канатов стропов, используемых ранее на погрузочно-разгрузочных и монтажных работах [8].

Цементофибробетон – композиционный материал. Эффективность фибрового армирования существенным образом зависит от типа матрицы. Сочетание бетонной матрицы повышенной вязкости разрушения и металлических фибр, сдерживающих рост трещин, ведет к увеличению работоспособности композиционного материала. Увеличение зоны пластических деформаций в устье развивающейся микротрещины за счет возрастания объема низкоосновных гелевидных гидросиликатов кальция и, следовательно, значительное повышение вязкости разрушения цементного материала можно добиться добавкой в смесь доменного шлака (Ш) или микрокремнезема (МК). Доменный шлак и микрокремнезем являются активными минеральными добавками.

Использование отработанных металлических канатов стропов, а также отходов химической промышленности (полиэтилена, пластмасс) приводит к их утилизации. Использование этих отходов в цементофибробетонных смесях придает цементофибробетону разные положительные качества. Такие цементофибробетоны обладают повышенной вязкостью разрушения, высокой прочностной стабильностью и стойкостью к климатическим воздействиям [8–9].

Положительно себя зарекомендовали при строительстве мостов плиты, выполненные из фибробетона. Эти плиты применяются в качестве несъемной опалубки при сооружении мостов, что позволяет существенно упростить и ускорить процесс заливки конструкций. Для плит мостового настила различной толщины и разных пролетов между главными балочными фермами опорной частью может служить опалубка, выполненная из фибробетона. Опалубка имеет хорошую совместимость с бетоном, благодаря этому она является составной частью монолитных бетонных конструкций. Также высок показатель степени прочности при воздействии химических веществ, что способствует возможности использования этого материала при сооружении гидроизоляционных покрытий, водоотводных лотков и канализационных коллекторов [10–11].

На практике цементфибробетонную смесь производят и используют при изготовлении различных конструкций более чем в ста странах мира. С каждым годом этот материал применяют в новых сферах строительства. На сегодняшний день в России номенклатура и показатель объема выпускаемой продукции, выполненной из фибробетона невелики, тем не менее, опыт зарубежных стран убеждает российских специалистов в перспективности использования данного строительного материала [10–11].

## Методы

### Метод приготовления цементфибробетонной смеси

Смесь готовят на цементобетонном заводе в смесителях принудительного действия. Самой сложной проблемой при приготовлении цементфибробетонной смеси, а затем при изготовлении из нее конструкций или конструктивного слоя (слоя покрытия автодороги) является равномерное распределение фибр по всему объему в процессе перемешивания компонентов [5–6; 12]. Также на свойства цементфибробетона влияет способ введения фибр. В настоящее время в строительных организациях пока нет специальных смесительных агрегатов, предназначенных для приготовления дисперсно-армированных бетонов и растворов.

### Метод приготовления металлических фибр

Перед приготовлением фиброармированной бетонной смеси производят распушку стальных использованных канатов (тросов). Под распушкой дисперсной арматуры понимают расщепление отрезков рассыпающегося каната на отдельные моноволокна, то есть нарезку армирующего материала на фибры. Их доставляют к месту приготовления смеси и подают в смеситель во время перемешивания компонентов бетонной смеси с помощью специального устройства с синхронным разбрасыванием распушенного материала равномерно по всей поверхности бетонной смеси.

Приготовление металлических фибр осуществляют следующим образом. В начале стержни-распушители одного из валов устройства производят забор-распушку фибр из бункера, а затем происходит окончательная распушка и разбрасывание фибр между стержнями – распушителями двух, вращающихся в одном направлении валов.

Было исследовано влияние различных условий приготовления на качество фиброармированной бетонной смеси. При этом испытаны две партии образцов балочек размером 40x40x160 мм по 16 в каждой одинакового состава, а также 32 кубика размерами 70x70x70 мм. Смесь для них готовили в передвижном циклическом смесителе принудительного действия СО-46.

Обязательным и важным источником процессов структурообразования цементофибробетона является вода. Исследованиями ряда ученых установлено, что предварительная обработка воды электромагнитным полем в ряде случаев позволяет повысить прочность строительных конструкций из цементофибробетонной смеси [5–6; 12].



*Рисунок 1. Внешний вид образцов кубиков размерами 70x70x70 мм: слева – из смеси, армированной полиэтиленовыми гранулами (фибрами) на омагниченной воде затворения; справа – без добавки фибр, изготовленный на омагниченной воде затворения (выполнено авторами)*

### **Метод ориентации волокон наполнителя в магнитном поле**

Магнитное поле постоянного тока производит ориентацию фибр с диа- и парамагнитными свойствами в цементофибробетонной смеси в направлении силовых линий поля. Для этого в цемент вводят ферромагнитный порошок.

При приготовлении цементофибробетонной смеси с использованием металлических фибр не нужно вводить в цемент ферромагнитный порошок.

При обработке воды электрическим током она намагничивается. Магнитное поле сохраняется 5...6 часов.

До сих пор недостаточно изучен механизм магнитного поля, влияющий на структуру растворов и на их свойства. Было установлено, что на скорость кристаллизации магнитное поле не влияет, но увеличивает количество центров кристаллизации. Под воздействием магнитного поля в цементофибробетонной смеси (растворе) могут измениться физико-механические свойства [5–6; 12].

Например, установлено, что при изменении оптимальных напряженностей магнитного поля, изменялась вязкость растворов, увеличиваясь на 8–10 %, также изменялось поверхностное натяжение. Обработка воды магнитным полем электрического тока влияет на спектр поглощения. Он увеличивается на 10–12 %). Но после выдерживания обработанной воды в 5...6 часов без использования, магнитное поле исчезает, вода становится обычной (исходной).

Под воздействием магнитного поля изменяется электропроводность и его максимальное значение составляет 8...10 %, также происходит уменьшение ионного произведения воды.

### Результаты исследований

Осенью 2020 года авторами научной статьи – преподавателями кафедры «Автомобильные дороги» совместно со студентами 1 курса магистратуры проводилось изучение физико-механических свойств и фактическое воздействие магнитного поля на воду затворения цементно-фибробетонной смеси. Воду готовили на кафедре «Производства строительных материалов и конструкций» Брянского государственного инженерно-технологического университета, где создана установка для обработки воды магнитным полем.

Принцип её действия основан на воздействии магнитного поля, создаваемого постоянным электрическим током на воду, проходящую через соленоид с обмотками и рабочими зазорами. Аппарат состоит из каркаса, выполненного из немагнитного материала, и обмотки, концы которой выведены на колодку. Колодка закрыта крышкой. Внутренним магнитопроводом является сердечник. Он расположен соосно катушкам.

Между каркасом, полюсами и сердечником образуется кольцевой заряд для прохода обрабатываемой воды. Крепление и центровка сердечника в каркасе осуществляется с помощью обтекателей, которые служат также для уменьшения турбулентности потока обрабатываемой воды.

Внешним магнитопроводом служит корпус аппарата, состоящий из двух частей, чтобы в обмотку не попадала вода, между частями корпуса проложена прокладка. Питание намагничивающей обмотки производится от выпрямителя, обеспечивающего плавную регулировку напряжения и соответственно, рабочего тока через обмотку катушки для выбора необходимой напряжённости магнитного поля в кольцевом зазоре аппарата. Рабочий ток, протекающий по обмотке, создаёт магнитное поле, которое дважды пересекает поток воды в кольцевом зазоре в направлении, перпендикулярном направлению движения воды [5].

При определении средней плотности цементно-фибробетонных образцов выполняли следующее. Образцы правильной формы (куб, параллелепипед) высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре  $378 \pm 5$  °K, охлаждали в эксикаторе, а затем измеряли линейкой и штангенциркулем размеры образцов, после этого их взвешивали. Каждую грань образца измеряли в трех местах по ширине и высоте. Измерение образцов правильной формы с размерами сторон до 10 см производили с точностью до 0,1 мм, размером 10 см с точностью до 1 мм. Взвешивание образцов при массе образца до 500 г производили с точностью до 0,1 г, при более 500 г – до 1 г. Данные определения объема, массы и средней плотности образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Опытные данные испытания образцов цементнофибробетона

Состав образца	Размер образца, см			Объем материала, V, см <sup>3</sup>	Масса материала m, г	Средняя плотность $P_c = m/V$ , г/см <sup>3</sup>
	Длина a, см	Ширина в, см	Высота h, см			
С металлической нитью	16,0	4,0	4,0	256,0	570	2,23
С металлической нитью	16,2	4,2	4,2	285,8	575	2,01
С металлической нитью	16,0	4,1	4,0	262,4	580	2,21
С пластинками пластмассы	16,1	4,1	4,4	290,4	470	1,62
С пластинками пластмассы	16,1	4,1	4,5	297,1	550	1,85
С пластинками пластмассы	16,1	4,0	4,3	276,9	500	1,80
Со стеклом	16,1	4,0	4,1	264,1	490	1,86
Со стеклом	16,1	4,0	4,2	270,5	515	1,90
Со стеклом	16,1	4,0	4,1	264,1	495	1,87

Разработано авторами

Проводили испытания образцов следующего состава:

- с металлической нитью – песок 1500 г; цемент 500 г; металлическая нить 152 г. Насыпная плотность 150 г/100 мл.  $P_{cp}$  (пластмасса) =  $(S_1 + S_2 + S_3)/3 = (1,62 + 1,85 + 1,8)/3 = 1,76$  г/см<sup>3</sup>.
- с пластинками пластмассы – песок 1500 г; цемент 500 г; вода 200 мл; пластинки пластмассы – 3 % (60 г). Насыпная плотность 150 г/100 мл.  $P_{cp}$  (стекло) =  $(S_1 + S_2 + S_3)/3 = 1,88$  г/см<sup>3</sup>.
- со стеклянными фибрами – песок 1500 г; цемент 500 г; вода 200 мл; стекло – 5 % (100 г). Насыпная плотность 150 г/100 мл.

У образцов также определяли водопоглощение и водонасыщение.

Водопоглощение определяли путем полного насыщения водой предварительно высушенных образцов, затем определяли их объемное и удельное водопоглощение (таблица 2).

Таблица 2

Определение водопоглощения по массе образцов балочек цементнофибробетона

Наименование материала	Масса сухого образца, $m_{сух}$ , г	Масса водонасыщенного образца, $m_{нас}$ , г	Водопоглощение B, %
С металлической нитью	280	292	4,29
С металлической нитью	282	296	4,96
С металлической нитью	280	298	6,43
С пластинками пластмассы	245	264	7,76
С пластинками пластмассы	255	274	7,45
С пластинками пластмассы	200	216	7,74
Со стеклом	220	238	8,21
Со стеклом	285	302	5,96
Со стеклом	260	278	6,90

Разработано авторами

Определяли прочность цементнофибробетонных образцов разного состава. Прочность – это способность материала сопротивляться разрушению от внутренних усилий (напряжений), возникающих под воздействием внешних сил.

При одноосном сжатии или растяжении в образце цементнофибробетона возникают и сжимающие и растягивающие напряжения [5–6; 13].



Причем разрушение наступает от растягивающих напряжений. Эти же напряжения можно выделить и при других схемах испытания, с тем лишь различием, что ориентируются они в пространстве по-разному. Поэтому основной вид прочности – это прочность на растяжение. Образцы разрушались на гидравлическом прессе кафедры «Автомобильные дороги». Некоторые результаты испытаний приведены в таблицах 3–5. За счет использования омагниченной воды при приготовлении цементнофибробетонных смесей, прочность цементнофибробетонных образцов возрастала на 10...15 % по сравнению со смесями, не обработанными электрическим током [14].

**Таблица 3**

**Состав рецепта и предел прочности на сжатие образцов (кубиков) с наполнителем – полиэтиленовыми гранулами**

№ рецепта	Состав рецепта					Предел прочности на сжатие в 28-и суточном возрасте, МПа
	Портландцемент, кг	Щебень, кг	Песок, кг	Добавка полиэтиленовых гранул (фибры), кг	Вода, кг	
1	310,0	879,0	1109,0	6,2	175,0	21,81
2	106,3	301,0	380,0	2,1	60,0	21,80
3	106,3	301,0	380,0	1,1	60,0	24,98
4	106,3	301,0	380,0	1,1	60,0	24,96
5	106,3	301,0	380,0	-	60,0	31,98

*Разработано авторами*

**Таблица 4**

**Результаты испытания цементнофибробетона (кубиков) на сжатие**

Состав образца	$R_{сж}$ , кГс	$A*B$ , см	$S$ , см <sup>2</sup>	$R_{сж}$ , МПа
С металлической нитью	20972	7x7	49	42,80
С металлической нитью	20950	7x7	49	42,76
С металлической нитью	21040	7x7	49	42,94
С металлической нитью	20899	7x7	49	42,65
С металлической нитью	21008	7x7	49	42,87
С металлической нитью	20986	7x7	49	42,83
С пластинками пластмассы	10500	7x7	49	21,43
С пластинками пластмассы	11700	7x7	49	23,87
С пластинками пластмассы	10900	7x7	49	22,24
С пластинками пластмассы	12160	7x7	49	24,81
С пластинками пластмассы	12040	7x7	49	24,57
С пластинками пластмассы	12120	7x7	49	24,73

*Разработано авторами*

**Таблица 5**

**Результаты испытания цементнофибробетона на изгиб**

Состав образца	$R_{изг}$ , кГс	$H$ , см	$B$ , см	$L$ , см	$R_{изг}$ , кГс/см	$R_{изг}$ , МПа
С металлической нитью	160	4,0	4,0	16,0	60,00	6,00
С металлической нитью	160	4,0	4,1	16,0	58,54	5,85
С металлической нитью	160	4,0	4,0	16,0	60,00	6,00
С пластинками пластмассы	30	4,4	4,1	16,1	9,13	0,91
С пластинками пластмассы	30	4,5	4,1	16,1	8,73	0,87
С пластинками пластмассы	50	4,3	4,0	16,1	16,30	1,63
Со стеклом	110	4,1	4,0	16,1	39,50	3,95
Со стеклом	108	4,2	4,0	16,1	38,80	3,88
Со стеклом	110	4,1	4,0	16,1	39,50	3,95

*Разработано авторами*

### Заключение

В статье рассмотрены цементофибробетонные смеси с применением различных типов фибр (металлических, с полиэтиленовыми гранулами, со стеклом), которые вводятся в бетон для повышения прочности, трещиностойкости и других свойств. Рассмотрены методы приготовления металлических фибр, воды, обработанной электрическим током, цементофибробетонных смесей.

На основании теоретического и экспериментального изучения поведения образцов под нагрузкой можно сделать вывод, что образцы цементофибробетона с металлической нитью, имеют большую прочность и трещиностойкость, по сравнению с образцами при использовании фибр из другого материала.

Также необходимо учитывать, что с увеличением количества полиэтиленовых гранул (фибр), вводимых смесь, прочность фиброцементобетона будет значительно уменьшаться по сравнению с образцами с металлическими фибрами (таблица 2).

Поэтому количество полиэтиленовых гранул (фибр) в цементобетонных смесях можно ограничить 1 % сверх массы цемента.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ведищев К.А. Фибробетон – строительный материал XXI века / К.А. Ведищев / БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. Научно-практический электронный журнал Аллея Науки №15 2017. С. 52–66.
2. Клюев С.В. Фибробетон для тяжелонагруженных полов промышленных зданий: монография / С.В. Клюев, Р.В. Лесовик, А.В. Клюев, А.В. Гинзбург, С.А. Казлитин / Белгород: Изд – во БГТУ, 2013. – 116 с.
3. Клюев С.В., Дураченко А.В. О применении синтетической фибры для дисперсного армирования бетонов / Материалы Международной научнопрактической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» (24–26 марта 2015 г., г. Грозный). В 2-х томах. Т.1. Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2015. С. 324–328.
4. Клюев С.В. Высокопрочный сталефибробетон на техногенных песках КМА // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 11. С. 38–39.
5. Левкович Т.И., Грибанов В.Н., Левкович Ф.Н., Лепешкин А.В. Использование фиброцементобетонов на омагниченной воде затворения при строительстве автомобильных дорог/ Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах: материалы 1-ой междунар. Науч.-практ. конф. (30 ноября 2010 г., г. Брянск) в 3-х томах. Т2. – Брянск: БГИТА, 2010. – 346 с. – С. 314–319.
6. Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Андрейцев Д.Ю., Федоров И.С. Фиброцементобетоны на омагниченной воде затворения, используемые для строительства автомобильных дорог/ EUROPEAN SCIENTIFIC CONFERENCE: сборник статей XI междунар. науч.- практ. конф. – / Под общ. Ред. Г.Ю. Гуляева: Пенза (7 сентября 2018) МЦНС «Наука и просвещение», 2018. – 236 с. – С. 43–46.

7. Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Гуськов К.И., Синявский Т.С. О новых бетонных смесях для покрытий автомобильных дорог / Европейские научные исследования: сборник статей III междунар. науч.- практ. конф. – / Под общ. Ред. Г.Ю. Гуляева: Пенза (23 сентября 2017) МЦНС «Наука и просвещение», 2017. – 208 с. – С. 45–48.
8. Шабловский Е.А. Стальные фибры для армирования бетонных конструкций. – М.: ВНИИС, 1990. – 56 с.
9. Волков И.В. Фибробетонные конструкции. Обзор. М.: ВНИИС, 1982. – 32 с.
10. Пухаренко Ю.В. Эффективность применения фибробетона в конструкциях при динамических воздействиях / Ю.В. Пухаренко, В.И. Морозов // Вестник МГСУ. – 2014. №3. – с. 189–196.
11. Пухаренко Ю.В. Исследование свойств сталефибробетона на основе аморфной металлической фибры / Ю.В. Пухаренко, У.Х. Макдеев, В.И. Морозов и др. // Вестник ВолгГАСУ. Строительство и архитектура. – 2013. – Вып. 31 (50). – С. 132–136.
12. Афанасьева В.Ф. Обработка воды при производстве сборного железобетона // Бетон и железобетон. – 1993. – № 11. – С. 38–43.
13. Богданова Е.Р. Экспериментальные исследования бетона, дисперсноармированного синтетической полипропиленовой фиброй / Е.Р. Богданова / Известия Петербургского университета путей сообщения 2015 – №2 (43). – С. 91–98.
14. Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Федин Н.А. Применение фибробетонной смеси при строительстве оснований и покрытий автомобильных дорог // Транспортные сооружения, 2019 №3, <https://t-s.today/PDF/01SATS319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/01SATS319.

**Levkovich Tatiana Ivanovna**

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia  
E-mail: tilevkovich@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8372-8114>

**Tokar Nikolai Ivanovich**

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia  
E-mail: nikolay\_tokar@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8263-6111>

**Mevlidinov Zelgedin Alaudinovich**

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia  
E-mail: zelgedinm@yandex.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7071-8339>

**Lasman Irina Aleksandrovna**

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia  
E-mail: i.Lasman@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2865-7496>

**Fedorov Ivan Sergeevich**

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia  
E-mail: fedorovfrost@yandex.ru

**Lasman Vitaliya Stanislavovna**

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia  
E-mail: vitaliyalasman@mail.ru

## **Development and research of properties of compositions of cement-fiber concrete for road construction**

**Abstract.** Along with the emergence of new effective materials, cement-concrete and reinforced concrete structures continue to maintain one of the leading places in the construction of industrial facilities, civil buildings, as well as structural layers of road pavement, and every year the variety of concrete types increases.

From cement-fiber-reinforced concrete mixes, it is possible to obtain road surfaces with high strength for vertical compressive loads from heavy machines, for horizontal shear loads (especially when braking machines).

The purpose of the work was to determine some physical and mechanical properties of micro-reinforced cement-fiber concrete. In particular, the determination of the compressive strength and tensile bending of amentoflavone depending on the fiber material used in the preparation of the mixtures, the type of mixing water amentoflavone mixtures and determination of dimensions, mass, average density, water absorption and water saturation amentoflavone samples.

The use of spent metal ropes of slings, as well as waste from the chemical industry (polyethylene, plastics) leads to their disposal. The use of these wastes in cement-fiber concrete mixes gives different positive qualities to cement-fiber concrete. Such cementofibrobetony have increased fracture toughness, high strength stability and resistance to climatic influences.

The authors of the scientific article studied the actual effect of the magnetic field on the water of the cement-fiber-concrete mixture mixing. The water was prepared at the Department of "Production of Building Materials and Structures" of the Bryansk State University of Engineering and Technology, where a plant for treating water with a magnetic field was created.

Samples of cement-fiber concrete with a metal thread had greater strength and crack resistance, compared to samples using fibers from another material.

It should be taken into account that with an increase in the number of polyethylene granules (fibers) introduced into the mixture, the strength of fiber cement concrete will significantly decrease compared to samples with metal fibers. The amount of polyethylene granules (fibers) in cement-concrete mixtures can be limited to 1 % over the weight of the cement.

Due to the use of magnetized water in the preparation of mixtures, the strength of cement-fiber concrete samples also increases by 10...15 % compared to mixtures not treated with electric current.

**Keywords:** cement-fiber concrete; microhematuria; metal fibers; polyethylene granules; automobile road; base; coating; strength; research; advantages

## REFERENCES

1. Vedishchev K.A. Fibrobeton-building material of the XXI century. Vedishchev / BSTU named after V.G. Shukhov. Belgorod. Scientific and practical electronic journal of Science Avenue No. 15, 2017. P. 52–66.
2. Klyuev S.V. Fibrobeton for heavy-loaded floors of industrial buildings: monograph / S.V. Klyuev, R.V. Lesovik, A.V. Klyuev, A.V. Ginzburg, S.A. Kazlitin / Belgorod: Publishing House of BSTU, 2013. – 116 p.
3. Klyuev S.V., Durachenko A.V. On the use of synthetic fiber for dispersed reinforcement of concrete / Materials of the International scientific and Practical conference dedicated to the 95th anniversary of the FGBOU VPO "GGNTU named after M.D. Millionshchikov" (March 24–26, 2015, Grozny). In 2 volumes. Vol. 1. Grozny: FSUE "Publishing and printing complex "Grozny worker", 2015. pp. 324–328.
4. Klyuev S.V. High-strength steel-fiber concrete on technogenic sands of KMA // Construction materials, equipment, technologies of the XXI century. 2013. No. 11. P. 38–39.
5. Levkovich T.I., Gribanov V.N., Levkovich F.N., Lepeshkin A.V. The use of fiber cement concrete on the magnetized water of the closure in the construction of highways / Problems of innovative biosphere-compatible socio-economic development in the construction, housing and communal and road complexes: materials of the 1st International Conference. Scientific-practical. Conf. (November 30, 2010, Bryansk) in 3 volumes. T2. – Bryansk: BGITA, 2009. – 346 p. – p. 314–319.
6. Levkovich T.I., Miladinov Z.A. andreytsov, D.Yu., Fedorov I.S. Fibrotsementnye on magnetic mixing water used for construction of roads / EUROPEAN SCIENTIFIC CONFERENCE: collection of articles of the XI Intern. nauch.-practical conf. / Under the general editorship of G.Yu. Gulyaev: Penza (September 7, 2018) ICNS "Science and Education", 2018. – 236 p. – p. 43–46.
7. Levkovich T.I., Mevlidinov Z.A., Guskov K.I., Sinyavsky T.S. About new concrete mixes for road coverings / European Scientific research: collection of articles of the III International Conference. nauch.-practical conf. / Under the general editorship of G.Yu. Gulyaev: Penza (September 23, 2017) ICNS "Science and Education", 2017. – 208 p. – p. 45–48.
8. Shablovsky E.A. Steel fibers for reinforcement of concrete structures. – M.: VNINIS, 1990. – 56 p.

9. Volkov I.V. Fibro-concrete structures. Review. Moscow: VNINIS, 1982. – 33 p.
10. Pukharenko, Yu.V., and Morozov, V.I., Efficiency of the use of fibrobeton in Structures under Dynamic influences, Vestnik MGSU, 2014, no. 3, pp. 189–196.
11. Pukharenko Yu.V., Makdeev U.Kh., Morozov V.I., et al., Investigation of the properties of steel-fiber concrete based on amorphous metal fiber, Vestnik VolgGASU. Construction and architecture. – 2013. – Issue 31 (50). – p. 132–136.
12. Afanasyeva V.F. Water treatment in the production of precast reinforced concrete // Beton i zhelezobeton. – 1993. – No. 11. – pp. 38–43.
13. Bogdanova E.R. Experimental studies of concrete dispersed reinforced with synthetic polypropylene fiber / E.R. Bogdanova / Izvestiya Peterburgskogo universiteta putnykh sosheniya 2015 – No. 2 (43). – pp. 91–98.
14. Levkovich T.I., Mevlidinov Z.A., Fedin N.A. The use of fiber-reinforced concrete mixture in the construction of bases and road coverings // Transport Structures, 2019 No. 3, <https://t-s.today/PDF/01SATS319.pdf> (access is free). Title from the screen. Yaz. rus., eng. DOI: 10.15862/01SATS319.