

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №3, Том 6 / 2019, No 3, Vol 6 <https://t-s.today/issue-3-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/01SATS319.pdf>

DOI: 10.15862/01SATS319 (<http://dx.doi.org/10.15862/01SATS319>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Левкович Т.И., Мевлидинов З.А., Федин Н.А. Применение фибробетонной смеси при строительстве оснований и покрытий автомобильных дорог // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №3, <https://t-s.today/PDF/01SATS319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/01SATS319

For citation:

Levkovich T.I., Mevlidinov Z.A., Fedin N.A. (2019). Application of fibro concrete mixture at construction of bases and coatings automobile roads. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/01SATS319.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/01SATS319

УДК 666.972.1

Левкович Татьяна Ивановна

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: tilevkovich@mail.ru

Мевлидинов Зелгедин Алаудинович

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: zelgedinm@yandex.ru

Федин Никита Андреевич

ФГБОУ «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Студент

Применение фибробетонной смеси при строительстве оснований и покрытий автомобильных дорог

Аннотация. Фибробетон – бетон с включением волокон (фибр) из неорганических или органических материалов (сталь, стекло, полиэтилен и др.). Фибробетон, армированный волокнами, обладает повышенной сопротивляемостью ударным нагрузкам и истиранию, хорошо воспринимает растягивающие напряжения.

Важным вопросом технологии приготовления фибробетона является его подвижность. Одной из трудностей, с которыми приходится сталкиваться на практике при работе с фибробетоном, армированным отрезками стальной проволоки, является его недостаточная удобоукладываемость. Для обеспечения необходимой удобоукладываемости бетонной смеси и достижения равномерного распределения в ней отрезков проволоки необходимо, кроме отрезков проволоки и заполнителя, контролировать их соотношение.

Испытания фибробетона на прочность показали, что чем больше размер заполнителя, тем ниже предел прочности на изгиб. Использование гранитного щебня размером 20 мм позволяет получать лучшие результаты, чем при применении щебня из гравия или известняка.

В то время как у обычного бетона качество щебня повышает прочность на изгиб, у фибробетона прочность на изгиб повышает эффективность действия волокон.

Область применения фибробетона при строительстве покрытий автомобильных дорог определяется технико-экономической эффективностью, которая обусловлена наиболее полным использованием положительных свойств фибробетона по сравнению с обычным цементобетоном.

Фибробетон имеет ряд преимуществ по сравнению с обычным цементобетоном:

- а) повышенную трещиностойкость, ударную вязкость, износ-, морозо- и огнестойкость, термодинамическую стойкость и др.;
- б) возможность использования без обычной стержневой или проволочной стальной арматуры;
- в) снижение трудозатрат на арматурные работы, повышение степени механизации и автоматизации строительства дорожных и аэродромных покрытий.

В последние годы в дорожном строительстве начало возрождаться применение бетонных (цементобетонных) оснований и покрытий автомобильных дорог и промышленных площадок.

Использование разнообразных видов цементобетонов и фибробетонов (сталефибробетонов, стеклофибробетонов, фибробетонов на синтетической фибре) позволит увеличить долговечность дорожных и аэродромных покрытий, повысив сопротивляемость ударным нагрузкам, истиранию и растягивающим напряжениям.

Вклад авторов.

Левкович Татьяна Ивановна – автор приняла участие в подборе составов смесей, изготовлении образцов, в проведении испытаний, проанализировала и интерпретировала собранный материал по исследованию, осуществила написание статьи.

Мевлидинов Зелгедин Алаудинович – автор принял участие в проведении испытаний и одобрил окончательную версию статьи перед её подачей для публикации.

Федин Никита Андреевич – автор внес существенный вклад в проведении испытаний.

Ключевые слова: фибробетон; цементобетон; автомобильная дорога; основание; покрытие; прочность; расчет; исследование; преимущества

Введение

В последние годы все большее распространение получает армирование изделий на основе минеральных и органических вяжущих путем введения в формируемую массу волокнистого наполнителя: отрезков стальной проволоки, стекла, волокна, нитевидных монокристаллов и т. д. При этом прочность получаемых изделий существенно зависит от равномерности распределения металлических или других волокон и от степени ориентации волокон вдоль линии главных рабочих напряжений, что побуждает искать эффективные методы ориентации волокон наполнителя в процессе формования изделий [1–6].

Наиболее технологичен и эффективен способ ориентации волокон наполнителя в магнитном поле. Этот способ предусматривает ориентацию волокон с диа- и парамагнитными свойствами в постоянном магнитном поле, в результате чего волокна наполнителя ориентируются в направлении силовых линий поля. При использовании волокнистого наполнителя с ферромагнитными свойствами, например, стальной проволоки, отпадает необходимость введения в связующее ферромагнитного порошка.

Состояние проблемы

Все существующие арматурные элементы для дисперсного армирования бетона подразделяют на две основные группы: элементы замкнутой и незамкнутой формы.

Элементы замкнутой формы также делят на две группы: плоскостные (например, кольцевые) и пространственные (например, сферические кольца, октаэдры и т. д.). Арматурные элементы замкнутой формы не находят широкого применения в связи с высокой трудоемкостью их изготовления и повышением стоимости. Известны лишь отдельные экспериментальные работы с использованием таких элементов. Арматурные элементы незамкнутой формы, т. е. собственно фибры, представляют собой отдельные отрезки тонких волокон конечной длины диаметром до 2 мм [2–6].

Стальные фибры изготавливают разными способами из различных материалов: рубкой проволоки; резкой тонкого стального листа, жести, отработанных листов; фрезерованием стальных заготовок, выплескиванием из расплава стали с помощью специальных приспособлений.

В зависимости от способа производства и используемых материалов фибры различаются по прочностным свойствам (например, на растяжение 500–2000 МПа), а так же формой поперечного сечения (круглые, овальные, прямоугольные, серповидные и т. д.), характером поверхности (гладкие, шероховатые с различными видами периодического профиля), конфигурации (прямые, волнистые с анкерными устройствами на концах в виде отгибов, волн, головок) [3–6].

Стекловолокно обычно вводится в цементобетон в условиях заводского производства. В бетонной смеси стеклянные волокна в значительной мере повреждаются и теряют прочность, поскольку при смешивании и при уплотнении подвергаются воздействию значительных ударов и истиранию при движении частиц заполнителя. Подобное явление истирания давно известно изготовителям стеклопластика.

По-видимому, ослабление волокон связано с состоянием поверхности стекловолокна. Поэтому крупный песок и частицы крупного заполнителя (щебня) легко могут разрушить хрупкое стекло.

Известна научная разработка, которая до настоящего времени не нашла широкого применения. Речь идет об использовании стекловолокна с покрытием его эпоксидной смолой, защищающей стекло от воздействия щелочной среды портландцемента и больших механических повреждений.

Стекловолокно для армирования бетона может использоваться в виде стержней, содержащих 60 % по объему ориентированного стекловолокна и 40 % смолы. Такие стержни обладают прочностью на растяжение 1500 Н/мм и имеют модуль упругости 50 кН/мм².

По сравнению с обычной стальной арматурой более низкий модуль упругости стержней из стекловолокна повышает деформативность фибробетонов и приводит к образованию более широких трещин под нагрузкой в дорожном покрытии.

Испытание фибр полипропиленовых жгутов проводила в 1965 г. фирма "Shell Chemical" [2–6]. Такие жгуты дешевле любых других синтетических волокон, к тому же обладают уникальным строением, более подходящим для сцепления с бетоном. Сетчатая структура фибр волокон достигается выдавливанием и растягиванием полипропиленовой ленты. В бетонной смеси волокна открываются в достаточной степени, чтобы цементное тесто проникло между ячейками сетки.

Большинство авторов, рассматривающих теоретические аспекты поведения волокон в цементном тесте, подчеркивают преимущества хорошего сцепления между ними. После превышения уровня разрушающего напряжения цементного камня первоначально

образующиеся трещины приводят к передаче напряжения на волокна и последующему возникновению напряжений в зонах контакта. Многие синтетические волокна плохо смачиваются, и хуже всех – полипропиленовое волокно. Сцепление гидратированного цемента с поверхностью полипропиленового волокна весьма мало. Следовательно, все внимание при использовании полипропиленового волокна должно быть обращено на механическое сцепление. Элементарное волокно, если бы оно было гофрированным, могло улучшить механическое сцепление.

Методы

Композиция бетон – полипропилен не дает особого прироста прочности по сравнению с бетоном без волокон. Хотя прочность полипропилена на растяжение гораздо выше, чем у бетона, модуль упругости его ниже настолько, что с увеличением напряжения бетон достигает предела деформативности и начинается появление трещин задолго до того, как в волокне разовьется "защемляющее" напряжение. Кроме того, напряжения в этом волокне зависят от времени и данным о прочности элемента конструкции нельзя доверять, если его расчеты были сделаны на основании испытаний материала небольшой продолжительности его "жизни".

Лабораторные и натурные испытания фибробетона, армированного пропиленовым волокном, показывают большое повышение ударной прочности по сравнению с неармированным бетоном. При построении графиков напряжение-деформация одних полипропиленовых волокон при различной скорости деформации заметно повышение жесткости при более высокой скорости деформации.

Результаты исследований

На кафедре «Автомобильные дороги» Брянского государственного инженерно-технологического университета в течение ряда лет на лабораторных занятиях по дисциплине «Технология и организация строительства транспортных сооружений» проводились испытания цементобетонных образцов с использованием различных видов фибр.

Образцы изготавливали с включением различных волокон (фибр) из неорганических и органических материалов (сталь, стекло, полиэтилен, отходы химической продукции Брянского химического завода и др.).

Введение активных минеральных добавок в цемент при производстве сталефибробетонов наряду с утилизацией отходов промышленности позволяет получать структуру композиционного материала с повышенной вязкостью разрушения, возросшей стабильности и стойкости в условиях циклического замораживания и оттаивания [4–6].

Равномерное распределение дисперсной арматуры по всему объему в процессе перемешивания компонентов смеси является одной из наиболее сложных проблем в технологии приготовления фибробетона. Особенно заметно, что на физико-механические свойства фибробетона влияет способ введения волокнистой арматуры. В настоящее время в строительных организациях нет смесительных агрегатов, предназначенных для приготовления дисперсно-армированных бетонов и растворов.

При испытании фибробетонных смесей и образцов (балочек и кубиков) из нее определяли: среднюю плотность, водонасыщение, водопоглощение, прочность.

Образцы высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 378 ± 5 °К, охлаждали в эксикаторе, а затем измеряли линейкой и штангенциркулем и взвешивали. Каждую грань образца измеряли в трех местах по ширине и высоте.

При массе образца до 500 г точность взвешивания до 0,1 г, при более 500 г – до 1 г. Данные испытаний приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1

Опытные данные испытания фибробетонных образцов

Состав образца	Размер образца, см			Объем материала, V, см ³	Масса материала, m, г	Плотность, $\rho = m/V$, г/см ³	Средняя плотность, $\rho_{ср}$, г/см ³
	Длина, а, см	Ширина, в, см	Высота, h, см				
С металлической нитью	16,0	4,0	4,0	256,0	570	2,23	2,22
С металлической нитью	16,2	4,2	4,2	285,8	628	2,20	
С металлической нитью	16,0	4,1	4,0	262,4	580	2,21	
С пластмассой	16,1	4,1	4,4	290,4	529	1,83	1,83
С пластмассой	16,1	4,1	4,5	297,1	550	1,85	
С пластмассой	16,1	4,0	4,3	276,9	500	1,80	
Со стеклом	16,1	4,0	4,1	264,1	499	1,89	1,89
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	

Состав образцов: песок 1500 г; цемент 500 г; вода 200 мл; а) металлическая нить – 8 % (160 г) сверх минеральной части; б) пластинки пластмассы – 3 % (60 г); в) стекло – 5 % (100 г) (разработана авторами)

Прочность – способность материала сопротивляться разрушению от внутренних усилий (напряжений), возникающих под воздействием внешних сил [6–12].

Таблица 2

Результаты испытания фибробетонных образцов (кубиков) на сжатие

Состав образца	Rсж, кГс	A*B, см	S, см ²	Rсж, кГс/ см ²
С металлической нитью	2570	25	25	102,8
С металлической нитью	2950	25	25	118,0
С металлической нитью	3840	25	25	153,6
С пластмассой	1050	25	25	42,0
С пластмассой	1170	25	25	46,8
С пластмассой	1090	25	25	43,6
Со стеклом	2160	25	25	86,4
Со стеклом	2040	25	25	81,6
Со стеклом	2120	25	25	84,8

Разработана авторами

Таблица 3

Результаты испытания фибробетонных образцов (балочек) на изгиб

Состав образца	Ризг, кГс	H, см	B, см	L, см	Ризг, кГс/см	Ризг, 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 пластмассой	30	4,4	4,1	16,1	9,13	0,91
С пластмассой	30	4,5	4,1	16,1	8,73	0,87
С пластмассой	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

Разработана авторами

Заключение

В статье рассмотрены фибробетонные смеси с применением различных типов фибр, которые вводятся в бетон для повышения прочности, трещиностойкости и других свойств.

Выявлен и проанализирован ряд важнейших особенностей строения и поведения таких дисперсных систем, как фибробетон.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахременко С.А., Грибанов В.Н., Гусев Б.В. Методы контроля качества и назначения состава строительных материалов. – Тула: БТИ, 1990. – 72 с.
2. Крылов Б.А. Фибробетон и его свойства. Обзор. – М.: ЦИНИС, 1979. – 44 с.
3. Волков И.В. Фибробетонные конструкции. Обзор. М.: ВНИИС, 1982. – 32 с.
4. Шабловский Е.А. Стальные фибры для армирования бетонных конструкций. – М.: ВНИИС, 1990. – 56 с.
5. Левкович Т.И., Лукутцова Н.П., Козлов Е.А., Юцус А.А. Применение фибробетонной смеси при строительстве автомобильных дорог. Вклад ученых и специалистов в национальную экономику: материалы региональной научно-технической конференции (Брянск, 16–18 мая 2001 г. Т.3). Под ред. Самошкина Е.Н. – Брянск: БГИТА, 2001. – 140 с. – С. 35–37.
6. Спиридонов Н.Н., Лapidус А.А. Технология производства сборных конструкций с использованием фиброцемента // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №1, <https://t-s.today/PDF/09SATS119.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. яз. рус., англ. DOI: 10.15862/09SATS119.
7. Попова Е.С. Повышение качества дорожного покрытия путем применения цементобетона [Текст] // Современные тенденции технических наук: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2015 г.). – Казань: Бук, 2015. – С. 76–79. – URL <https://moluch.ru/conf/tech/archive/163/8886>.
8. Коровяков В.Ф. Предпосылки для развития строительства дорог с применением цементных бетонов / В.Ф. Коровяков // Технологии бетонов. – 2014. – № 3. – С. 25–29.
9. Ушаков В.В. Магистральям России – долговечные покрытия / В.В. Ушаков // Дороги Евразии. – 2014. – № 1. – С. 23–25.
10. Исаков А.Л. Экспериментальное исследование влияния гидрофобизирующих пропиток на прочность дорожных цементобетонов // Вестник ТГАСУ. – 2016. – №4. – С. 144–152.
11. 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.
12. Носов В.П. Основные проблемы применения цементобетонных покрытий на автомобильных дорогах России. URL: <http://docplayer.ru/39809189Osnovnyye-problemy-primeneniya-cementobetonny>.

Levkovich Tatiana Ivanovna

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

Mevlidinov Zelgedin Alaudinovich

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

Fedin Nikita Andreevich

Bryansk state engineering-technological university, Bryansk, Russia

Application of fibro concrete mixture at construction of bases and coatings automobile roads

Abstract. Fiber concrete – concrete with the inclusion of fibers (fibers) from inorganic or organic materials (steel, glass, polyethylene, etc.). Fiber concrete reinforced with fibers, has a high resistance to shock loads and abrasion, well perceives tensile stresses.

An important issue in the preparation of fiber-reinforced concrete is its mobility. One of the difficulties encountered in practice when working with fiber reinforced concrete, reinforced by steel wire, is its lack of workability. To ensure the required workability of the concrete mixture and to achieve a uniform distribution of wire segments in it, it is necessary, in addition to the wire segments and the core, to control their ratio.

Tests of fiber reinforced concrete showed that the larger the aggregate size, the lower the flexural strength. The use of granite crushed stone with a size of 20 mm allows to obtain better results than when using crushed stone from gravel or limestone. While in ordinary concrete, the quality of rubble increases the flexural strength, in fibrous concrete, the flexural strength increases the effectiveness of the fibers.

The use of fiber-reinforced concrete in the construction of road pavements is determined by technical and economic efficiency, which is caused by the most complete use of the positive properties of fiber-reinforced concrete as compared to conventional cement concrete.

Fiber concrete has several advantages compared to conventional cement concrete:

- a) increased crack resistance, impact toughness, wear, – frost and fire resistance, thermodynamic resistance, etc.;
- b) the possibility of use without conventional rod or wire steel reinforcement;
- c) reducing labor costs for reinforcement works, increasing the degree of mechanization and automation of road and airfield pavement construction.

In recent years, the use of concrete (cement concrete) foundations and pavements of highways and industrial sites has begun to revive in road construction.

The use of various types of cement concrete and fiber concrete (steel fiber concrete, glass fiber concrete, fiber concrete on synthetic fiber) will increase the durability of road and airfield pavements, increasing resistance to shock loads, abrasion and tensile stresses.

Keywords: fiber concrete; cement concrete; automobile road; foundation; coating; strength; calculation; research; advantages

REFERENCES

1. Akhremenko S.A., Griбанov V.N., Gusev B.V. (1990). *Metody kontrolya kachestva i naznacheniya sostava stroitel'nykh materialov. [Methods of quality control and the appointment of the composition of building materials.]* Tula: Bryansk Institute of Technology, p. 72.
2. Krylov B.A. (1979). *Fibrobeton i ego svoystva. Obzor. [Fiber concrete and its properties. Overview.]* M.: ZINIS, p. 44.
3. Volkov I.V. (1982). *Fibrobetonnye konstruksii. Obzor. [Fiber-concrete structures. Overview.]* M.: VNINIS, p. 32.
4. Shablovskiy E.A. (1990). *Stal'nye fibry dlya armirovaniya betonnykh konstruksiy. [Steel fibers for reinforcing concrete structures.]* M.: VNINIS, p. 56.
5. Levkovich T.I., Lukuttsova N.P., Kozlov E.A., Yutsus A.A. (2001). *Primenenie fibrobetonnoy smesi pri stroitel'stve avtomobil'nykh dorog. Vklad uchenykh i spetsialistov v natsional'nyuyu ehkonomiku: materialy regional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Ed. by E.N. Samoshkina. [The use of fiber concrete in the construction of roads. Contribution of scientists and specialists to the national economy: proceedings of a regional scientific and technical conference.]* Bryansk: Bryansk State Academy of Engineering and Technology, p. 140, pp. 35–37.
6. Spiridonov N.N., Lapidus A.A. (2019). Production technology of prefabricated structures using fibre cement. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/09SATS119.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/09SATS119.
7. Popova E.S. (2015). *Povyshenie kachestva dorozhnogo pokrytiya putem primeneniya tsementobetona. [Improving the quality of the road surface using cement concrete.]* Kazan: Buk, pp. 76–79. Available at: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/163/8886>.
8. Korovyakov V.F. (2014). Prerequisites for the development of road construction using cement concrete. *Concrete Technologies*, 3, pp. 25–29 (in Russian).
9. Ushakov V.V. (2014). Highways of Russia – durable coatings. *Roads of Eurasia*, 1, pp. 23–25 (in Russian).
10. Isakov A.L. (2016). An experimental study of the effect of water-repellent impregnations on the strength of road cement concrete. *Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*, 4, pp. 144–152 (in Russian).
11. Levkovich T.I., Mevlidinov Z.A., Gus'kov K.I., Sinyavskiy T.S. (2017). *O novykh betonnykh smesyakh dlya pokrytiy avtomobil'nykh dorog. Ed. by G.Yu. Gulyaeva. [About new concrete mixes for road surfaces.]* Penza: International Center for Scientific Cooperation "Science and Enlightenment", p. 208, pp. 45–48.
12. Docplayer. (n.d.). *Nosov V.P. The main problems of the use of cement concrete coatings on Russian roads.* [online] Available at: <http://docplayer.ru/39809189Osnovnyye-problemy-primeneniya-cementobetony> (in Russian).