

УДК 666.97

## ФИБРОБЕТОНЫ ДЛЯ РЕМОНТА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СТЕКЛЯННОЙ ФИБРЫ

**Клюев А.В., Дураченко А.В.**

*ФБГОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»,  
Белгород, e-mail: durachenko-and@rambler.ru*

В данной статье рассматривается современное состояние вопроса покрытий для дорог в России и в зарубежье, проблемы существующих дорог и перспективы строительства новых бетонных покрытий в нашей стране. В связи с этим, поднимается вопрос разработки для них новых современных ремонтных составов. Представлены оптимальные варианты ремонтных составов для бетонных дорог, в частности, фибробетонов с применением стеклянной фибры. Проведено сравнительное изучение различных видов волокон для ремонтных составов, их физико-механических характеристик, целесообразность применения в данной области строительства. Приведены данные по выявлению оптимальных составов, процента армирования и длины фибры. Проведено сравнение физико-механических характеристик предлагаемых составов с уже активно применяемыми в области фибрового армирования и описаны их преимущества.

**Ключевые слова:** фибробетон, стеклянная фибра

## THE FIBER-REINFORCED CONCRETE FOR PAVEMENT REPAIR ON THE BASIS OF GLASS FIBER

**Klyuev A.V., Durachenko A.V.**

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod,  
e-mail: durachenko-and@rambler.ru*

This article discusses the current issue of coatings for roads in Russia and abroad, the problems of existing roads and the prospects of construction of new concrete pavement in our country. In this regard, raised the issue of developing a new modern repair compounds. Presents the best options repair compounds for concrete roads, in particular, of fiber-reinforced concrete with glass fiber. Given a comparative study of various types of fibers for repair of the compositions, their physico-mechanical characteristics, expediency of its application in the field of construction. Presented the data to identify the optimal formulations, percentage of reinforcement and the length of the fiber. Performed a comparison of physical and mechanical characteristics of the proposed formulations is already actively used in the field of fibre reinforcement and the benefits they provide.

**Keywords:** fiber concrete, glass fiber

В условиях современности автомобильный транспорт является самым востребованным. С каждым днем растет количество автомобилей, а, соответственно, увеличиваются и нагрузки на дорожное полотно. В связи с этим, несмотря на постоянное совершенствование технологий и материалов, асфальтовые дороги в нашей стране не справляются с объемами транспорта и выходят из строя раньше проектного срока.

Во многих зарубежных странах, таких как США, Германия, Япония, для строительства дорог довольно давно в большинстве случаев применяют бетон. Это связано с тем, что бетонные дороги способны выдерживать более высокие нагрузки, их срок службы составляет 40–50 лет, а у асфальтовых 8–10, соответственно. Несмотря на то, что строительство бетонных дорог обходится немного дороже, затраты на эксплуатацию и ремонт – минимальны, ввиду того, что и межремонтный срок больше, чем у асфальтовых покрытий. В связи с этим, в нашей стране активно поднимается во-

прос о строительстве и последующей реконструкции дорог с применением бетона.

Безусловно, своевременный ремонт дорожного полотна, позволяет увеличить срок эксплуатации дороги. Не менее важным аспектом является качество и физико-механические характеристики применяемых для ремонта материалов и составов.

В области ремонтных составов в настоящее время активно изучается и применяется фибробетон. Это обусловлено тем, что он имеет прочностные характеристики значительно превосходящие характеристики обычных бетонов. Фибра, как известно, обеспечивает высокую прочность бетоны не только при сжатии, но и при изгибе. Широко применение фибробетонные составы получили при ремонте мостовых конструкций, полов промышленных зданий, гидротехнических сооружений и др. При этом, применяются самые различные виды фиброволокна, постоянно разрабатываются новые с целью повышения физико-механических характеристик бетона [1 – 23].

При проектировании материалов и конструкций на их основе, в том числе и их фибробетонов, необходимо выбирать оптимальное их проектирование с целью снижения их себестоимости [24 – 33].

Таким образом, стеклянная фибра (рис. 1) является одной из самых прочных и имеет малую величину удлинения при разрыве. При этом ее стоимость сопоставима со стоимостью других видов фибр. Различают стеклянную фибру длиной 6, 12, 18, 24 мм и диаметром 10–15 микрон.

В ходе проведения экспериментальной части, было выяснено, что оптимальным процентом армирования являются 0,3% от массы вяжущего. Таким образом, содержание фибры составило порядка 10,5 кг/м<sup>3</sup>.

Для фибробетонной смеси использовался товарный цемент портландцемент АО «Себряковцемент» марки ЦЕМ I 42,5Н и молотый гранит. Продукция этого предприятия отличается стабильностью качества. Основные строительно-технические показатели цемента приведены в табл. 1. На рис. 2 приведен микроснимок ЦЕМ I 42,5Н.



Рис.1. Стеклянная фибра

Химический состав цемента

Таблица 1

Марка цемента	Химический состав, % по массе								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
ЦЕМ I 42,5Н	21,67 ±0,21	5,69 ±0,12	3,08 ±0,09	59,37 ±0,25	3,7 ±0,09	4,28 ±0,1	0,69 ±0,03	0,52 ±0,03	0,38 ±0,2

Преимущества этого цемента были так же выявлены в ходе проведения исследовательской работы.

пользовались балки размерами 4×4×16 мм. В качестве вяжущего использовались разработанные композиционные вяжущие на ос-

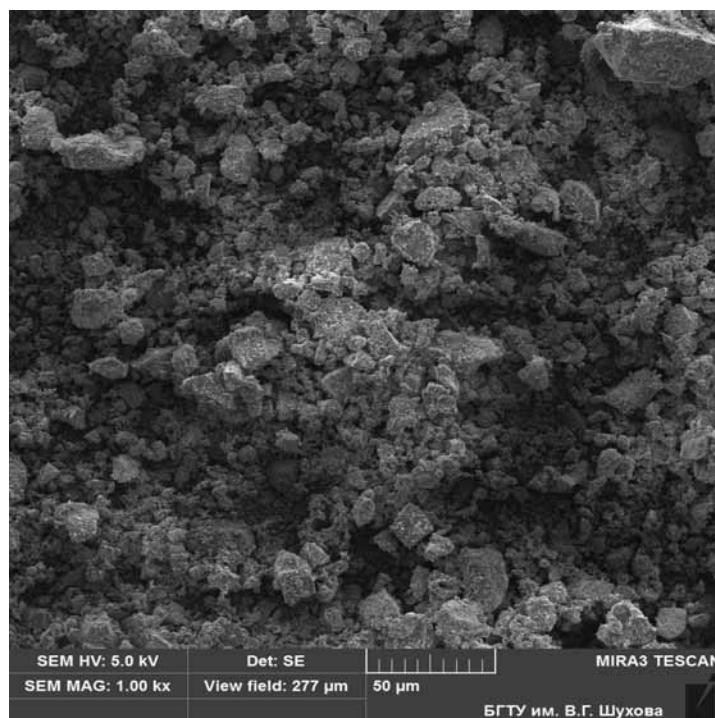


Рис. 2. Микроснимок ЦЕМ I 42,5Н

Также, для снижения водопотребности смеси и, соответственно увеличения прочностных характеристик бетона, был применен суперпластификатор ПФМ-НЛК последней модификации. Более того, он позволяет бетону набрать прочность в более короткие сроки, что, безусловно, играет важную роль в ремонте дорожных покрытий.

В проводимом исследовании, удалось добиться повышения физико-механических характеристик бетона за счет применения высокоплотной упаковки заполнителя. Такой эффект возник из-за применения гранита разных фракций. Так, применялись фракции 2,5 – 5 мм, 1,25 – 2,5 мм, 0,625 – 1,25 мм. Был рассчитан модуль крупности гранита:

$$\text{Мкр.} = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63})/100,$$

где  $A_{2,5}$ ;  $A_{1,25}$ ;  $A_{0,63}$  – полные остатки, %

$$\text{Мкр.} = (49,2 + 66 + 96,3)/100 = 2,12.$$

В результате проведенных испытаний полученных опытных образцов были получены значения активности вяжущего, пределов прочности при растяжении и сжатии полученных бетонов. Для опытов ис-

нове ЦЕМ I 42,5Н, его активность оказалась 56 МПа, предел прочности на растяжение при изгибе 13,5 МПа, предел прочности при сжатии 72,3 МПа.

Таким образом, можно сделать вывод, что физико-механические характеристики полученного фибробетона значительно превышают характеристики обычных бетонов, чего удалось добиться за счет применения стеклянной фибры и суперпластификатора ПФМ-НЛК. Также созданные опытные образцы полностью соответствуют требованиям по прочности, предъявляемым к материалам, применяемым для строительства и ремонта дорожных покрытий. Нужно отметить, что себестоимость фибробетона ЦЕМ I 42,5Н не на много отличается от аналогичного бетона, но при этом имеет ряд преимуществ и позволит сэкономить средства на последующем ремонте и эксплуатации дорожного полотна.

*Статья выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента СП-340.2016.1.*

**Список литературы**

1. Ключев С.В. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон на техногенном сырье и композиционных вяжущих

- с использованием нанодисперсного порошка // Бетон и железобетон. – 2014. – №4. – С. 14 – 16.
2. Клюев С.В. Высокопрочный сталефибробетон на техногенных песках КМА // Технологии бетонов. – 2012. – № 5 – 6. – С. 33 – 35.
3. Клюев С.В., Клюев А.В. Исследование физико-механических свойств композиционных вяжущих // Успехи современной науки. – 2015. – №1. – С. 21 – 24.
4. Клюев С.В., Клюев А.В. Техногенное сырье – эффективный заполнитель для фибробетонов // Успехи современной науки. – 2015. – №1. – С. 33 – 35.
5. Клюев С.В., Гурьянов Ю.В. Внешнее армирование изгибаемых фибробетонных изделий углеволокном // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – №1(36). – С. 21 – 26.
6. Клюев С.В. Ползучесть и деформативность дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2010. – № 4. – С. 85 – 87.
7. Клюев С.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В., Пикалова Е.К. Фиброармированные композиты на техногенном сырье // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 19; №1. – С. 34 – 36.
8. Клюев С.В. Усиление и восстановление конструкций с использованием композитов на основе углеволокна // Бетон и железобетон. – 2012. – №3. – С. 23 – 26.
9. Клюев С.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В., Пикалова Е.К. Монолитный фибробетон для полов промышленных зданий // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 19; №1. – С. 29 – 32.
10. Клюев С.В. Разработка дисперсно-армированного мелкозернистого бетона на основе техногенного песка и композиционного вяжущего // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – Т. 11; Ч.2. – С. 27 – 29.
11. Клюев С.В. Высококачественный фибробетон для монолитного строительства // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – Т. 11; Ч.2. – С. 29 – 32.
12. Клюев С.В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций с различными видами фибр // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – Т. 2; Ч.1. – С. 39 – 44.
13. Клюев С.В. Особенности формирования фибробетонных композитов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2015. – №5. – С. 32 – 35.
14. Клюев С.В. Фибробетон и изделия на его основе // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – Т. 3; Ч.1. – С. 70 – 73.
15. Клюев С.В., Дураченко А.В. О применении синтетической фибры для дисперсного армирования бетонов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГТНТУ 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.
16. Клюев С.В., Гафарова Н.Е. Фибробетон для монолитного строительства в условиях Крыма // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика, 2016. – С. 49 – 53.
17. Клюев С.В., Клюев А.В., Кузик Е.С. Аддитивные технологии в строительной индустрии // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика, 2016. – С. 54 – 58.
18. Данилов А.М., Гарькина И.А., Клюев С.В. Принципы проектирования строительных материалов для агропромышленного комплекса // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 2. № 10. – С. 150 – 155.
19. Клюев А.В., Нетребенко А.В., Дураченко А.В., Пикалова Е.К. К вопросу применения техногенных песков для производства мелкозернистого фибробетона // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 19. №1. – С. 32 – 34.
20. Клюев А.В. Усиление изгибаемых конструкций композитами на основе углеволокна // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 38 – 41.
21. Клюев А.В. Дисперсно-армированный мелкозернистый бетон на техногенном песке КМА для изгибаемых изделий: автореф. дис. ... к.т.н. – Белгород, 2012. – 24 с.
22. Клюев А.В. Свойства бетонной матрицы при дисперсном армировании фибрами / А.В. Клюев, А.В. Нетребенко, А.В. Дураченко // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 16. №2. – С. 96 – 99.
23. Клюев А.В. Ориентация и распределение фибр в цементной матрице / А.В. Клюев, А.В. Нетребенко, А.В. Дураченко // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 16. №2. – С. 99 – 102.
24. Клюев С.В., Клюев А.В. Оптимальное проектирование строительных конструкций на основе эволюционных и генетических алгоритмов: монография. – Germany, 2011. – 128 с.
25. Клюев С.В., Клюев А.В. Оптимальное проектирование стержневой пространственной конструкции // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2007. – №1 (7). – С. 17 – 22.
26. Клюев С.В., Клюев А.В. Оптимальное проектирование стержневых систем на основе энергетического критерия при силовых и температурных воздействиях с учетом безопасной устойчивости // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2009. – № 1. – С. 60 – 63.
27. Клюев С.В. Оптимальное проектирование конструкций башенного типа: дис. ... канд. техн. наук. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2006. – 153 с.
28. Юрьев А.Г., Клюев С.В., Клюев А.В. Устойчивость равновесия в природе и технике // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2007. – № 3. – С. 86 – 88.
29. Юрьев А.Г., Клюев С.В. Эволюционные и генетические алгоритмы оптимизации строительных конструкций. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. – 134 с.
30. Абсиметов В.Э., Клюев С.В., Клюев А.В. Оптимальное проектирование динамически нагруженных стержневых систем // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – №3–4. – С. 100 – 105.
31. Юрьев А.Г., Клюев С.В. Энергетический критерий структурообразования несущих конструкций // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2006. – №2. – С. 90 – 91.
32. Юрьев А.Г., Клюев С.В., Клюев А.В. Особенности проектирования высотных стержневых конструкций из стали // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2008. – № 4. – С. 42 – 45.
33. Клюев С.В., Клюев А.В. Оптимальное проектирование стержневых конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2009. – №3. – С. 31 – 36.