

УДК 626.823.914

Применение фибробетона для ремонта конструкций гидромелиоративных сооружений

Виктория Федоровна Талалаева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

Аннотация. Целью исследований являлся анализ альтернативных строительных материалов, применимых для заделки повреждений бетонных и железобетонных облицовок, в т. ч. деформационных швов. В статье представлены физико-механические свойства фибробетона, а также рассмотрены виды его наполнителей (волокон). Большинство каналов гидромелиоративного назначения, выполненных в бетонной и железобетонной облицовках, построены более 45–50 лет назад. За годы эксплуатации на таких сооружениях наблюдаются разрушения и деформации облицовок в виде трещин, сколов, выбоин, нарушений стыковых соединений и деформационных швов. Поврежденные покрытия требуют ремонта для предотвращения фильтрационных потерь и дальнейшего разрушения. Применение фибробетона для заделки повреждений бетонных покрытий является эффективной альтернативой применяемому в настоящее время традиционному цементному раствору. В зависимости от вида вносимого волокна можно получить фибробетон с необходимыми для конкретного объекта характеристиками. Фибробетон отличается своими прочностными свойствами, водонепроницаемостью, устойчивостью к перепадам температур, долговечностью и другими физико-механическими характеристиками. Помимо этого, фибробетон отличается экологичностью и невысокой стоимостью (в зависимости от вида волокон), чем и обусловлена возможность его применения на объектах гидромелиоративного назначения.

Ключевые слова: фибробетон, фиброволокно, противofильтрационное мероприятие, повреждение облицовки, защитное покрытие, оросительный канал

The fiber reinforced concrete application for irrigation and drainage facility structures repair

Victoria F. Talalaeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

Abstract. The purpose of the research was to analyze the alternative construction materials applicable for sealing damage to concrete and reinforced concrete linings, including strain joints. The physical and mechanical properties of fiber reinforced concrete are presented and the types of its fillers (fibers) are considered. Most of the irrigation and drainage canals constructed in concrete and reinforced concrete linings were built more than 45–50 years ago. Over the years of such structures operation, the linings destruction and deformation in the form of cracks, fractures, potholes, violations of butt joints and expansion joints are observed. The damaged coatings require repair to prevent filtration losses and further deterioration. The fiber reinforced concrete application for repairing concrete pavements damage is an effective alternative to the currently used traditional cement mortar. Depending on the type of introduced fiber, it is possible to obtain fiber reinforced concrete with the characteristics required for a particular object. Fiber reinforced concrete is distinguished by its strength properties, water resistance, temperature extremes resistance, durability and other physical and mechanical characteristics. In addition, fiber-concrete is environment friendly and low cost (depending on the type of fiber), that's why it can be used at irrigation and drainage facilities.

Keywords: fiber reinforced concrete, fiber, anti-seepage measure, lining damage, protective coating, irrigation canal

Введение. Одним из крупнейших потребителей пресной воды в мире является орошаемое земледелие, которое в большинстве случаев размещается в зонах с ее острым дефицитом. Для орошения в мире и у нас в России в основном (на 95 %) используются воды поверхностного стока, зарегулированного в реках системами водохранилищ, с последующей транспортировкой воды к орошаемым массивам системой открытых каналов разного уровня (магистральные, межхозяйственные, внутрхозяйственные и т. д.).

Потери из открытой проводящей сети не только приводят к потерям пресной воды, но и существенно ухудшают мелиоративную обстановку орошаемых и прилегающих к ним территорий, требующих дополнительных затрат на устройство дренажа и других мероприятий, предупреждающих вывод мелиорированных земель из сельскохозяйственного оборота [1].

Борьба с фильтрационными потерями из транспортирующей оросительной сети путем устройства противофильтрационных облицовок ведется во всех странах мира. В России в 70–80-х гг. прошлого столетия для более эффективной борьбы с фильтрационными потерями воды на каналах интенсивно начали применять в практике строительства оросительных систем различные типы простых и сложных (комбинированных) противофильтрационных покрытий. Защитные покрытия стали выполнять с учетом климатических, грунтовых и гидрогеологических условий. Вопросами противофильтрационной защиты оросительных каналов занимались многие ученые: С. Ф. Аверьянов, А. Г. Алимов, Ю. М. Косиченко, О. А. Баев, Ф. К. Абдразаков, А. В. Ищенко, В. А. Белов и др. [2–5].

Применение бетонных и железобетонных плит нашло широкое применение в гидромелиоративной практике в качестве облицовок оросительных, обводнительных, водопроводящих и других каналов. Для предотвращения потерь воды на фильтрацию из оросительных каналов чаще всего устраивают бетонные защитные покрытия. Как показала практика строительства, долговечность гидротехнического бетона составляет порядка 50 лет. Бетон – доступный строительный материал, но главный его недостаток – подверженность растрескиванию и разрушению в результате температурных воздействий. Поэтому целью данной работы являлся анализ альтернативных строительных материалов, применимых для заделки повреждений бетонных и железобетонных облицовок, в т. ч. деформационных швов.

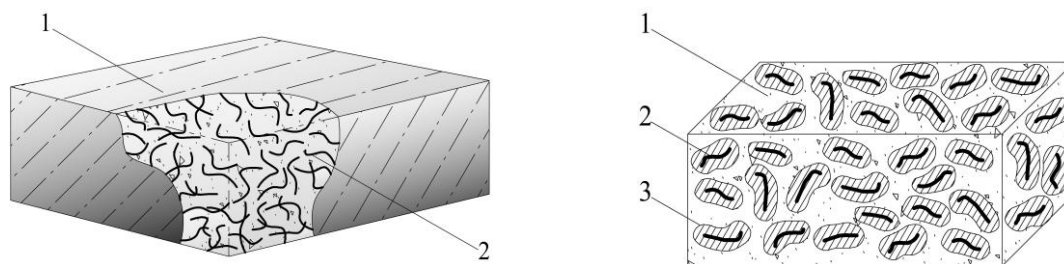
Материалы и методы. Фибробетон представляет собой высокотехнологичный композитный строительный материал, армированный различными волокнами. В конце XIX в. ученый А. Берард запатентовал фибробетон как строительный материал. Он представил добавку, вносимую в бетон, состоящую из смеси различных материалов [6].

В 1907 г. В. П. Некрасов впервые представил фибробетон. В его статьях были приведены исследования, посвященные производству композитного материала, армированного металлическими отрезками. Фибробетон в России впервые применили при строительстве аэродрома в 1978 г., но в то время материал не получил широкого распространения в связи с недоработанной технологией его изготовления и применения [7].

Фибробетон имеет цементно-бетонную матрицу, которая выполняет армирующие функции. Материал является экологичным и в зависимости от вида вносимого волокна обладает невысокой стоимостью. На рисунке 1 представлена структура фибробетона [8].

Изготавливается фибробетон в зависимости от его назначения. Для изготовления крупных бетонных конструкций, направляемых на строительную площадку в готовом виде, фибробетон производят в промышленных масштабах, вносят волокна непосредственно на объекте. В этом случае волокна наиболее равномерно распределяются по

всей площади изделия, что оказывает значительное влияние на плотность и дальнейшее сопротивление внешним механическим воздействиям. Если необходимо небольшое количество материала, волокна добавляют к бетонной смеси в бетономешалке. На крупном объекте строительства перед заливкой бетона волокна вносят в миксер бетоновоза.



1 – матрица бетона; 2 – фиброволокно;
3 – зона контактного взаимодействия армирующих волокон с бетоном



Рисунок 1 – Структурная схема композитного фибробетона

Направления использования фибробетона достаточно разнообразны, материал нашел применение в таких сферах, как:





- возведение фундаментов, тоннелей, мостовых покрытий;
- монолитное строительство, каркасы конструкций;
- строительство гидротехнических сооружений: дамб, резервуаров, накопителей, берегозащитных конструкций, водоотводных шахт;
- отделка фасадов, декоративные элементы;
- строительство дорожных покрытий, тротуаров, бордюров и др.

Физико-механические свойства материала, такие как прочность, плотность, водопоглощение, морозостойкость, долговечность и др., зависят от состава добавляемого армирующего волокна (или фибры). Такие волокна могут быть металлического, органического или минерального происхождения. Виды волокон (фибр), а также их описание представлены в таблице 1 [9–11].

Таблица 1 – Виды фиброволокон и их описание

Материал волокна (фибры)	Описание и преимущества	Недостатки
1	2	3
<p>Стальная фибра</p> 	<p>Прямые или волновые проволочные отрезки с загнутыми концами (длина 10–50 мм). Самый распространенный материал, применяется, когда на бетонные конструкции в процессе эксплуатации действуют нагрузки на разрыв и растяжение</p>	<p>Отсутствие адгезии, большой вес, неустойчивость к агрессивным средам</p>
<p>Базальтовая фибра</p> 	<p>Искусственное минеральное неорганическое волокно, получаемое из расплавленного в специальных печах минерала вулканического происхождения – базальта. Используется для повышения прочности к механическим воздействиям, а также устойчивости к деформациям и трещинообразованию. Материал не токсичен, устойчив к коррозии и воздействию агрессивных сред</p>	<p>–</p>

Продолжение таблицы 1

1	2	3
<p>Стекловолокно</p> 	<p>Неорганические стеклянные нити, получаемые посредством вытягивания на специальных установках расплавленной стеклянной массы из стеклоплавильных сосудов с высокопрочными формами. Такое волокно улучшает пластичность бетона, прочность на растяжение, уменьшает трещинообразование бетона</p>	<p>Неустойчиво к щелочам</p>
<p>Углеродная фибра</p> 	<p>Рубленые отрезки углеродных нитей, производимые из углерода путем термической обработки сырья при высоких температурах. Такие волокна увеличивают устойчивость к ударам, прочность на сжатие и растяжение, стойкость к истиранию. Помимо этого, отличаются стойкостью к коррозии и воздействию агрессивных сред</p>	<p>Высокая стоимость</p>
<p>Полипропиленовая фибра</p> 	<p>Отдельный вид синтетических волокон диаметром 0,02–0,038 мм, получаемых из полипропиленовой пленки посредством резки и скручивания. Раскрываются в бетонном растворе и создают сетчатую структуру. Применение таких волокон снижает вес бетонной конструкции, повышает стойкость к нагрузкам на растяжение, изменению температуры и агрессивным веществам, а также препятствует образованию трещин в бетоне</p>	<p>–</p>
<p>Целлюлозные волокна</p> 	<p>Натуральный материал, состоящий из тонких полимерных нитей. Использование целлюлозных волокон позволит уменьшить усадку и трещины при высыхании бетонной смеси. Материал придает бетону свойства, позволяющие не стекать с вертикальной поверхности, а также обладает хорошей адгезией</p>	<p>–</p>

Для композитных материалов со стальной или базальтовой фиброй характерны очень хорошие показатели прочности и упругости. Полипропиленовые волокна отличаются низким коэффициентом упругости, фибробетоны на их основе характеризуются повышенной деформативностью.

A. Zia, M. Ali [11] изучили целесообразность использования армированного полипропиленовым волокном бетона в облицовках каналов. С этой целью был проведен анализ влияния полипропиленовых волокон на усадку и трещиностойкость бетона. Свойства бетона, армированного полипропиленовым волокном, были сопоставлены со свойствами стандартного простого бетона. Авторами было отмечено, что включение полипропиленовых волокон в бетон повысило его прочность на разрыв и осевое растяжение, прочность, морозостойкость и водонепроницаемость. Добавление полипропиленовых волокон эффективно предотвращало и подавляло образование трещин в бетоне. Однако при добавлении волокон и минеральных добавок появляются определенные

проблемы, связанные с перемешиванием, поскольку волокна имеют тенденцию к образованию шариков, а способность к обработке имеет тенденцию к уменьшению во время смешивания.

Как показал имеющийся опыт в отечественном и зарубежном строительстве [7, 12], фибробетон является универсальным композитным строительным материалом с широкой областью применения. Бетон, армированный волокном, не требует сложной технологии изготовления и при этом приобретает набор положительных физико-механических свойств, позволяющих конкурировать с традиционным бетоном.

Результаты и обсуждение. К наиболее распространенным видам волокон относятся металлическая, полипропиленовая, стеклянная, базальтовая, углеродная и целлюлозная фибра. При изготовлении фибробетона большое значение имеет выбор волокна. Основные характеристики некоторых типов волокон представлены в таблице 2 [13].

Таблица 2 – Физико-механические характеристики волокна

Параметр	Состав волокна			
	Сталь	Полипропилен	Стекло	Базальт
Длина, мм	30–50	6–18	4,5–18	3,2–15,7
Диаметр, мкм	250–1200	10–25	13–15	13–17
Плотность, г/см ³	7,8	0,91	2,6	2,6
Коррозионная стойкость	низкая	высокая	высокая	высокая
Прочность при растяжении, МПа	600–1500	150–600	1500–3500	3500
Модуль упругости, ГПа	190	35	75	> 75
Коэффициент удлинения, %	3–4	20–150	4–5	2–3,5

Фибробетон обладает повышенной прочностью, трещиностойкостью и долговечностью, что позволяет считать его альтернативой традиционному бетону. При многократном температурном воздействии, когда вода проникает в трещины бетонных облицовок, а затем замерзает, происходит расширение пустот, что приводит к дальнейшему растрескиванию и увеличению разрушений. Помимо этого, при попадании в подплитное пространство через дефекты облицовок вода вымывает подстилающие грунты, что способствует разрушению бетонных покрытий. Также температурным воздействиям подвержены и деформационные швы. Такие процессы негативно отражаются на долговечности всего защитного покрытия.

Применение фибробетона для герметизации трещин, деформационных стыков и швов бетонных облицовок позволит продлить срок эксплуатации бетонных облицовок за счет армирования цементно-песчаного раствора фиброволокном. Помимо этого, значительно улучшатся важнейшие эксплуатационные характеристики бетонных покрытий: прочность, сопротивление при изгибе и растяжении, водонепроницаемость, трещиностойкость, устойчивость к внешним воздействиям.

Выводы

1 Армирование бетона волокнами повышает его эксплуатационную прочность, а также улучшает физико-механические параметры. В связи с широкими возможностями использования фибробетон применим при ремонте облицовок гидромелиоративных каналов, поскольку он обладает повышенной прочностью, долговечностью и другими свойствами, позволяющими конкурировать с традиционным бетоном.

2 Для ремонта повреждений облицовок каналов обычно используют традиционный бетон, который подвержен растрескиванию и деформациям, а также характеризуется высокой водонепроницаемостью. Использование композитных фибробетонов позволит продлить срок службы гидромелиоративных сооружений. При этом за счет добавления различных волокон повышаются физико-механические свойства бетона.

Список источников

1. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Ищенко А. В. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2014. № 3. С. 30–43. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_91_kosichenko.pdf_55f9154bc5.pdf (дата обращения: 01.08.2021).
2. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г., Баев О. А. Обоснование расчетных зависимостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2015. Т. 278. С. 35–46.
3. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 12. С. 35–38.
4. Баев О. А. Применение планирования эксперимента для изучения водопроницаемости экрана из геомембраны // Природообустройство. 2014. № 3. С. 46–51.
5. Сильченко В. Ф. Исследования в области противофильтрационной защиты каналов, водоемов и накопителей // Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. 2019. С. 79–82.
6. Ключев С. В. Фибробетон и изделия на его основе // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 3-1(34). С. 70–73.
7. Актуальность применения фибробетона в современном строительстве / В. Н. Моргун, Л. В. Моргун, В. В. Нагорский, А. Ю. Богатина // Технологии бетонов. 2021. № 3(176). С. 27–31.
8. Шишканова В. Н., Прокофьева Ю. А. Свойства и особенности фибробетонов // Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2015. № 2. С. 45–51.
9. Мартынов В. А. Анализ свойств фибробетонов с различными типами заполнителей // Фундаментальные и прикладные научные исследования: инноватика в современном мире: сб. ст. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф. 2020. С. 30–35.
10. Steel and basalt fiber comparison in the flexural strength of conventional concrete / M. M. G. Saad, S. A. A. S. Almsajdi, H. Nankya, B. M. H. Abdulwahed // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. № 2-1(53). P. 69–73. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-2-1-69-73.
11. Zia A., Ali M. Behavior of fiber reinforced concrete for controlling the rate of cracking in canal-lining // Construction and Building Materials. 2017. № 155. P. 726–739. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.08.078.
12. Иньшина Я. Г., Уланов А. О. Применение фибробетона с использованием фибры различного вида в строительстве // Студенческий вестник. 2021. № 3–4(148). С. 89–91.
13. Ключев С. В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. № 4. С. 71–74.

Информация об авторе

В. Ф. Талалаева – младший научный сотрудник.

Information about the author

V. F. Talalaeva – Junior Researcher.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 25.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 25.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.