

УДК 691.328.4

А. В. ГРОБОК (ПС-22)

Научный руководитель – канд. техн. наук *А. А. ВАСИЛЬЕВ*

ФИБРОБЕТОН, АРМИРОВАННЫЙ УГЛЕВОЛОКНОМ

Рассмотрен фибробетон, армированный углеволокном. Приведены основные характеристики углеволокна и свойства бетонов, армированных углеволокном. Выполнено сравнение характеристик исследуемых фибробетонов с различными типами фибры. Проанализированы достоинства и недостатки бетонов, армированных углеволокном. Представлены примеры применения фибробетонов, армированных углеволокном, а также показана значимость их характеристики необходимость его применения в современном строительстве.

Фибробетон, армированный углеволокном, представляет собой один из наиболее перспективных материалов в современном строительстве [1]. Это материал, сочетающий в себе прочность цементной матрицы и уникальные свойства углеродных волокон, что обеспечивает высокую трещиностойкость, устойчивость к динамическим нагрузкам, коррозии и агрессивным средам.

Фибробетон с углеволокном способен эффективно перераспределять напряжения, предотвращать образование и развитие трещин, а также сохранять целостность конструкции при экстремальных условиях эксплуатации, в отличие от традиционного бетона, имеющего высокую прочность на сжатие, но ограниченную способность сопротивляться растягивающим усилиям.

Углеволокно (УВ) – наноструктурированный неорганический материал, содержащий 92–99,9 % углерода. Углеродные волокна получают путём ступенчатой термообработки волокон на основе полиакрилонитрила (ПАН), при температурах до 3200 °C [2].

Углеволокно, применяемое в качестве армирующего элемента, имеет следующие характеристики: прочность на растяжение до 5000 МПа, модуль упругости 200–250 ГПа, плотность около 1,8 г/см³, высокая термостойкость (до 600 °C) и абсолютная устойчивость к коррозии. Такие свойства делают углеволокно особенно эффективным в условиях химической агрессии, повышенной влажности, резких перепадов температуры и сейсмической активности, поскольку, в отличие от стальной фибры, оно не корродирует, не требует дополнительной защиты и сохраняет свои характеристики на протяжении всего срока службы конструкции.

Механизм действия углеволокна в бетонной матрице основан на принципе дисперсного армирования. Волокна, равномерно распределённые по объёму смеси, создают пространственную сетку, которая препятствует локализации напряжений, что способствует перераспределению нагрузок и предотвращает хрупкое разрушение. Такое расположение позволяет существенно повысить энергоёмкость разрушения, увеличить остаточную прочность конструкции после появления трещин и обеспечить более плавное снижение несущей способности при предельных нагрузках. Кроме того, углеволокно способствует повышению ударной вязкости, морозостойкости и стойкости к циклическим нагрузкам.

Технические характеристики фибробетона с углеволокном зависят от состава смеси, длины и дозировки волокон, а также технологии приготовления. Оптимальная длина волокон составляет от 6 до 24 мм, а дозировка – от 0,3 до 0,8 % по объёму. При правильном подборе компонентов и соблюдении технологических параметров удаётся достичь значительного повышения прочности на изгиб, трещиностойкости, морозостойкости и срока службы. В сравнении бетонов с другими видами фибры – стальной, стеклянной, базальтовой и полипропиленовой – бетон, армированный углеволокном имеет лучшие показатели по прочности, модулю упругости и долговечности, хотя и уступает им по стоимости (таблица 1).

Таблица 2 – Сравнение характеристик бетона с различными типами фибры

Характеристика	Обычный бетон	Стале-фибробетон	Углеволокно-конный фибробетон	Стекло-фибробетон	Базальто-фибробетон	Полипропиленфибробетон
Прочность на сжатие, МПа	30–40	35–45	35–50	30–40	40–50	30–40
Прочность на растяжение, МПа	2–4	5–8	8–14	6–10	7–12	4–6
Модуль упругости, ГПа	25–35	30–40	35–50	25–35	30–40	3–5
Трещиностойкость	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя	Высокая	Средняя
Морозостойкость (циклы F/T)	200–300	300–400	400–600	300–400	400–500	300–400
Устойчивость к коррозии	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая

Фибробетон с углеволокном уже нашёл применение в ряде крупных проектов. В России он использовался при ремонте моста через Волгу в Тверской области, где углеволокнонные ленты усилили плиты проезжей части. В Москве и Санкт-Петербурге материал применялся при реставрации исторических зданий, где требовалось укрепить кирпичные и бутовые стены, сохранив архитектурный облик и снизив нагрузку на фундамент.

В промышленности фибробетон с углеволокном использовался на заводе

КАМАЗ для усиления перекрытий цехов под тяжёлое оборудование. В Европе углеволокно применялось при реконструкции мостов в Дрездене, а также при ремонте взлётно-посадочных полос в аэропорту Цюриха. В США оно использовалось для повышения сейсмостойкости мостов в Калифорнии, в Японии – для укрепления тоннелей Токийского метрополитена, а в ОАЭ – при строительстве высотных зданий в Дубае. В Гомеле (Беларусь) углеволокно применялось для усиления поврежденных плит перекрытия строящегося жилого дома.

Преимущества фибробетона с углеволокном включают высокую прочность на растяжение и изгиб, повышенную трещиностойкость, устойчивость к коррозии и химическим воздействиям, морозостойкость, термостойкость, снижение массы конструкций, упрощение монтажа, длительный срок службы и возможность применения в тонкостенных и архитектурно сложных элементах. Однако присутствуют и недостатки: высокая стоимость углеволокна, требовательность к технологии приготовления смеси, необходимость специализированного оборудования, сложности в переработке и утилизации, а также недостаточная нормативная база в ряде стран.

Необходимо отметить экологические и экономические аспекты применения фибробетона с углеволокном. Снижение потребности в стали позволяет уменьшить долю CO_2 , а высокая долговечность материала – сократить затраты на ремонт и обслуживание.

Несмотря на высокую стоимость углеволокна, его применение оправдано в стратегически важных объектах, где надёжность и срок службы имеют решающее значение. Кроме того, использование углеволокна способствует снижению массы конструкций, упрощению монтажа и повышению технологичности строительных процессов.

Современные исследования в области фибробетона с углеволокном направлены на улучшение сцепления волокон с цементной матрицей, оптимизацию состава смеси, а также разработку новых типов волокон с модифицированной поверхностью и наноструктурой.

Особое внимание уделяется сочетанию углеволокна с другими нанодобавками, такими как графен и углеродные нанотрубки, что позволит достичь более высоких показателей прочности, трещиностойкости и устойчивости к агрессивным воздействиям.

Фибробетон, армированный углеволокном, представляет собой материал нового поколения, обладающий уникальными эксплуатационными характеристиками и широкими возможностями применения. Его использование открывает новые горизонты в строительстве, реконструкции и инженерной защите сооружений, обеспечивая надёжность, долговечность и устойчивость к внешним воздействиям в самых сложных условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Седых, С. А. Фибробетон – перспективы современного строительства / С. А. Седых // COLLOQUIUM-JOURNAL. – 2023. – № 19 (173). – С 9–16.

УДК 625.25

С. М. ДЕРЕВЯШКИН (ВМА-41)

Научный руководитель – зав. кафедрой военно-специальной
подготовки *В. В. ТОМАШОВ*

ЯМОЧНЫЙ РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОРОЖНОГО РЕМОНТЕРА MADROG MPA 6.5W

Рассматривается процесс ремонта ям и выбоин автомобильных дорог с использованием дорожного ремонтера, а также создания внутри данного оборудования смеси для ремонта автомобильных дорог в кратчайшие сроки.

Дорожное покрытие требует постоянного обслуживания и ремонта, в особенности в городской черте, где ежедневно на дорогах происходит огромный транспортный поток. Чтобы ямочный ремонт был выполнен правильно и качественно, необходимо использовать специальную дорожную технику, которая будет способна быстро и эффективно решить эту проблему [1].

Благодаря ямочному ремонттеру MADROG MPA 6.5W дорожные службы вывели устранение ям методом пневмонабрызга на принципиально новый уровень.

Ямочный ремонттер MADROG MPA 6.5W польского производства предназначен для устранения глубоких повреждений дорожного покрытия. Его конструкция объединяет ряд инновационных европейских решений, в частности метод струйно-инъекционного пневмонабрызга битумной эмульсии со щебнем. Технология не требует предварительной подготовки участка другим оборудованием и эффективна на всех типах асфальтобетона как в городе, так и за его пределами.

Данная модель MADROG MPA 6.5W представляет собой автономное оборудование, которое может быть смонтировано на шасси или прицепе.

Конструкция MADROG MPA 6.5W включает две емкости: бункер для щебня и бак для эмульсии. Бак оборудован системой подогрева: автоматическая газовая горелка осуществляет начальный нагрев, а в процессе эксплуа-