УДК 69-07

ТЕХНОЛОГИЯ SIFCON В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
♦♦♦♦♦
SIFCON TECHNOLOGY IN MODERN CONSTRUCTION

Хорошев Алексей Алексеевич
кандидат технических наук,
доцент,
Кубанский государственный технологический университет
russ61@bk.ru

Бердник Анна Алексеевна
студент,
Кубанский государственный технологический университет
ann22852@mail.ru

Аннотация. В статье представлен всесторонний обзор высокопрочного фибробетона SIFCON (Slurry Infiltrated Fibre Concrete). Рассмотрены основные компоненты системы, включая типы фибры и рецептуру высоко текучей матрицы с применением микрокремнезема и суперпластификаторов. Особое внимание уделено балансу преимуществ (выдающаяся работа при динамических и сейсмических нагрузках) и недостатков (высокая стоимость и трудоемкость).

Ключевые слова: SIFCON, стальные волокна, цементная матрица, высокопрочный бетон, усиление конструкции.

Khoroshev Aleksey Alekseevich
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
Kuban State Technological University
russ61@bk.ru

Berdnik Anna Alekseevna
Student,
Kuban State Technological University
ann22852@mail.ru

Annotation. This article presents a comprehensive overview of high-strength fiber-reinforced concrete (SIFCON) (Slurry Infiltrated Fiber Concrete). The main components of the system are discussed, including fiber types and the formulation of a highly fluid matrix using microsilica and superplasticizers. Particular attention is paid to balancing the advantages (outstanding performance under dynamic and seismic loads) and disadvantages (high cost and labor intensity).

Keywords: SIFCON, steel fibers, cement matrix, high-strength concrete, structural reinforcement.

Развитие современного строительства требует создания материалов, которые будут способны воплотить в жизнь все задумки архитекторов. Для этого новые материалы должны обладать высокой прочностью и пластичностью, выдерживать ударные нагрузки и сопротивляться образованию трещин. Даже традиционный фибробетон с содержанием волокон 1–2 % не всегда отвечает необходимым требованиям [1].

Материал SIFCON является уникальным композитным конструкционным материалаом. Главным его отличием от обычного фибробетона является укладка стальных волокон в форму с последующей пропиткой высоко текучими цементным раствором. Это позволяет достичь более высоких (в 3–5 раз) показателей прочности, гибкости и энергопоглащения, что делает материал подходящим для самых ответственных узлов конструкции. Количество фибры в SIFCON составляет от 5 до 30 % от объема что в 5–10 раз больше, чем в обычном фибробетоне [1, 2].

Стоит для начала разобраться с составом SIFCON. В первую очередь его уникальность достигалась благодаря правильно подобранной комбинации двух основных компонентов: фибрового каркаса и цементной матрицы.

В материале могут использоваться различные типы стальных волокон: прямые, с загнутыми концами, гофрированные, а также витые отходы токарных производств (стружка). Важно отметить, что форма волокна напрямую влияет на сцепление с матрицей. Лучшие показатели имеют волокна крючковатой формы. Также важна длина волокон: исследования показали, что её увеличение повышает прочность. Объёмное содержание волокон варьируется, но на практике чаще всего встречается 5–12 %

В составе SIFCON нет крупного заполнителя, поэтому цементная матрица представляет собой высоко текучий цементно-песчаный материал. Соотношение цемента и песка обычно составляет от 1:1 до 1:2. Чтобы обеспечить проникновение раствора в густую сетку волокон, используются следующие технических решений:

– применяют очень мелкий кварцевый песок (молотый кварц, фракция менее 1 мм) для лучшей проникающей способности;

– в состав вводятся модификаторы в виде микрокремнезёма, зола-унос или метакаолин (до 15–30 % от массы цемента), которые уплотняют структуру и повышают прочность контактной зоны «волокно-матрица»;

– добавляют суперпластификаторы в количестве от 1 до 5 % от массы цемента для достижения низкого водоцементного отношения и сохранения текучести [1, 2].

Главное отличие от классического фибробетона заключается в методе производства. В обычном фибробетоне волокна перемешиваются с бетонной смесью и заливаются в форму, в случае с SIFCON – более сложный процесс.

В опалубку насыпают слой стальных волокон, которые располагаются случайным образом, образуя плотную трехмерную сетку. После чего в форму под действием гравитации или с помощью небольшого вибрирования заливается слой высоко текучей цементной суспензии, закрывающий слой волокон. Суспензия проникает в пустоты заполняя их.

Таким образом, послойно заполняется весь объем опалубки.

Образцы выдерживают в опалубке 24 часа, затем извлекаются и проходят стандартный 28-дневной цикл твердения (рис. 1).

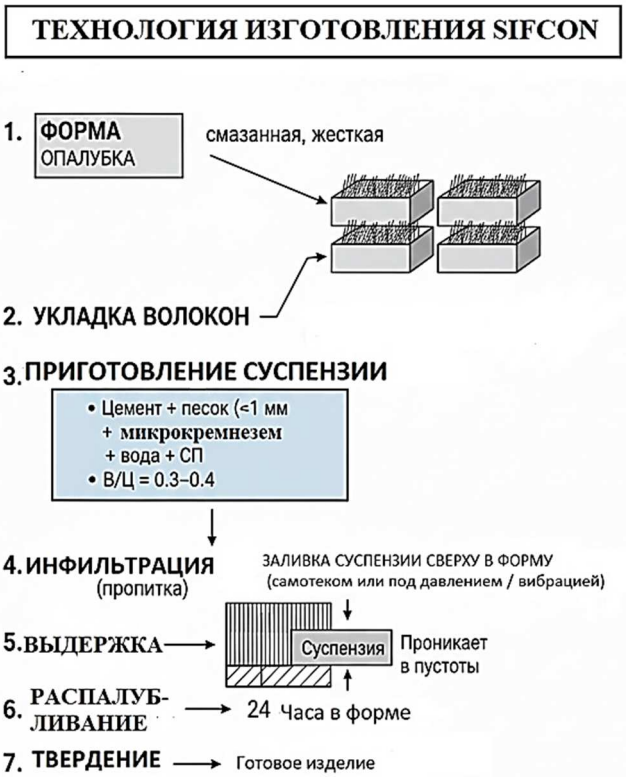

Рисунок 1 – Технология изготовления SIFCON

Область применения SIFCON обусловлена его уникальными свойствами:

– материал применяется в узлах сопряжения монолитных колонн и плит перекрытий для повышения прочности на продавливание [4];

– благодаря высокой ударной вязкости используется в конструкциях, подверженным взрывным и динамическим нагрузкам;

– высокая стойкость к истиранию и ударным нагрузкам делает его идеальным для устройства полов в промышленных сооружениях, где особо тяжелый режим эксплуатации;

– используется как отдельная вставка для усиления существующих железобетонных балок и колонн [5];

– благодаря антифрикционным свойствам применяется в деформационных швах железобетонных конструкций.

Важно отметить положительные и отрицательные стороны применения, они представлены в таблице 1.

Таблица 1 – плюсы и минусы использования SIFCON

Критерий	Плюсы (+)	Минусы (–)
Прочность	Более высокая на изгиб, срез, растяжение, чем у обычного бетона.	–
Работа при ЧС	Гасит энергию взрывов, землетрясений, ударов	–
Трещины	Практически исключает сквозное трещинообразование	–
Стоимость	–	Очень высокая (сталь + добавки)
Технология	–	Трудоемкая, требует более высокой квалификации персонала
Применение	Идеален для ремонта и усиления узлов	Сложен для массового применения в монолитном домостроении
Вес	–	Тяжелее обычного бетона

Несмотря на все плюсы в России SIFCON все еще находится на стадии активного изучения в лабораториях. За рубежом он уже давно применяется на практике, США как страна, которая показала миру данную разработку, является лидером по применению SIFCON. Благодаря высоким вложениям в инфраструктуру и высокие требования по безопасности, американские инженеры чаще других применяют высотехнологичный бетон [4, 5].

SIFCON – это не просто бетон, а высокотехнологичный композит, представляющий собой новую ступень эволюции строительных материалов. Его главная особенность – способность совмещать прочность камня с пластичностью металла. Несмотря на высокую стоимость и сложность изготовления, применение SIFCON в ответственных узлах зданий и сооружений является экономически оправданным, так как позволяет решать задачи, непосильные для традиционных материалов, и существенно повышает надежность и долговечность конструкций.

Литература

1. Gurav A.K. The Strengths of SIFCON / A.K. Gurav, K.B. Prakash // Construction World. – 2010.
2. Shakhair Y.S. Investigating the effect of varying steel fibre ratios on the compressive and tensile characteristics of SIFCON / Y.S. Shakhair, M.J. Kadhim // International Journal of Masonry Research and Innovation. – 2026. – Vol. 11. – № 1. – P. 20–34
3. Альзурфи М.К.А. Механические свойства фибробетона, пропитанного суспензией / М.К.А. Альзурфи, А.Н. Леонова, А.А. Хорошев // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 2(122). – С. 527–535. EDN XVSSVK
4. Dogan E. Suggested Design Guidelines for Seismic Retrofit with SIMCON and SIFCON / E. Dogan, H. Hill, N. Krstulovic-Opara // ACI Symposium Paper. – 2000. – Vol. 185. – P. 207–248. DOI: 10.14359/5717
5. Slurry infiltrated fiber concrete (SIFCON) for use in ballistic and fire protection of military structures / J.D. Ríos [et al.] // Structures. 2023. Vol. 57. Art. 105282. DOI: 10.1016/j.istruc.2023. 105282

References

1. Gurav A.K. The Strengths of SIFCON / A.K. Gurav, K.B. Prakash // Construction World. – 2010.
2. Shakhair Y.S. Investigating the effect of varying steel fibre ratios on the compressive and tensile characteristics of SIFCON / Y.S. Shakhair, M.J. Kadhim // International Journal of Masonry Research and Innovation. – 2026. – Vol. 11. – № 1. – P. 20–34
3. Alzurfi, M.K.A. Mechanical properties of fiber-reinforced concrete impregnated with suspension / M.K.A. Alzurfi, A.N. Leonova, A.A. Khoroshev // Engineering Bulletin of the Don. – 2025. – № 2 (122). – P. 527–535. EDN XVSSVK
4. Dogan E. Suggested Design Guidelines for Seismic Retrofit with SIMCON and SIFCON / E. Dogan, H. Hill, N. Krstulovic-Opara // ACI Symposium Paper. – 2000. – Vol. 185. – P. 207–248. DOI: 10.14359/5717
5. Slurry infiltrated fiber concrete (SIFCON) for use in ballistic and fire protection of military structures / J.D. Ríos [et al.] // Structures. 2023. Vol. 57. Art. 105282. DOI: 10.1016/j.istruc.2023. 105282