

ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОФИБРОБЕТОНА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАНЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА

Шангина Н.Н., д.т.н., председатель Союза реставраторов СПб, генеральный директор ООО «АжиоПроект»

Появление бетонов нового поколения – высококачественных и высокопрочных – стало возможным благодаря возможности достижения низких значений водо-цементного отношения на основе применения современных эффективных пластифицирующих добавок (гиперпластификаторов). Высокие эксплуатационные характеристики подобных бетонов (предел прочности при сжатии 60-130 МПа), тем не менее, могут быть значительно улучшены в части повышения предела прочности на изгиб (в 4-5 раз), что открывает совершенно новые области применения цементных систем. В этой связи особого внимания заслуживает технология фибробетонов и стеклофибробетона, в частности [1].

Сочетание низкого водо-цементного отношения, высокомодульного щелочестойкого стеклянного волокна, ориентированного в матрице в одной плоскости за счет применения усовершенствованной технологии пневмонабрызга, а также комплекса химических и минеральных добавок, влияющих на удобоукладываемость смеси и повышающих долговечность бетона, является путем получения стеклофибробетона (СФБ) нового уровня свойств. Соотношение прочностей на растяжение при изгибе и сжатии такого бетона достигает 0,8 (у неармированного материала эта величина не превышает 0,2). При этом бетон относится к категории высокопрочных; он обладает высокой ударной вязкостью, а также морозостойкостью и водонепроницаемостью. Подобное сочетание характеристик мы привыкли обобществлять с материалами совершенно другой природы, например, металлом или полимерными композициями. Однако стеклофибробетон выгодно отличается в плане долговечности и соотношения цена-качество. Кроме этого, хорошая совместимость стеклофибробетона с минеральными строительными ма-

териалами делает его весьма привлекательным, а в ряде случаев и незаменимым для реставрационных работ.

Использование метода пневмонабрызга придает СФБ исключительно высокие технологические свойства при формировании изделий практически любой формы, сложности рельефа и фактуры поверхности.

Принципиальная схема получения стеклофибробетона методом ручного пневмонабрызга представлена на рис. 1.

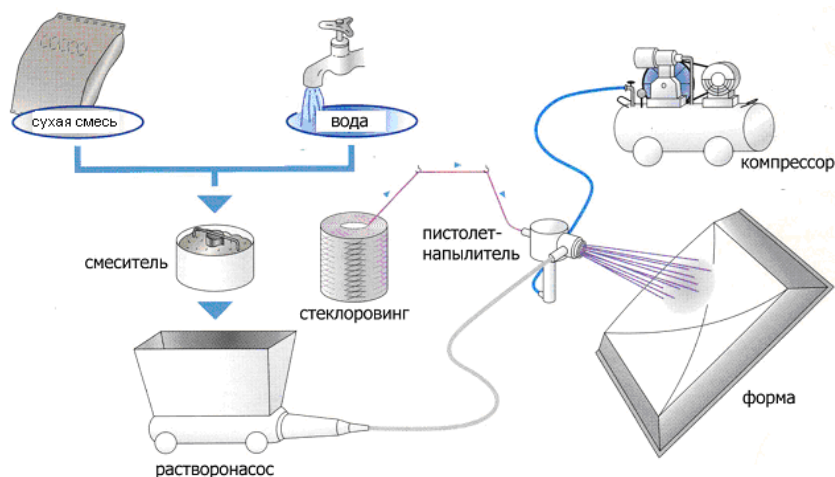


Рис. 1 – Принципиальная технологическая схема получения стеклофибробетона

К преимуществам стеклофибробетона также относится малый вес: высокая прочность на изгиб позволяет изготавливать тонкостенные конструкции (толщиной 12-25 мм) без армирования сталью. Кроме этого, немаловажным является возможность монтажа при любых погодных условиях (учитывая участившиеся «аномальные» погодные явления); гарантированный уровень прочностных характеристик элементов обеспечивается при твердении в стационарных условиях.

Наиболее важными вопросами в технологии стеклофибробетона являются величина оптимальной длины фибры, ее долговечность в структуре цементного камня, а также усадочные деформации.

На рис. 2 и 3 в графическом виде представлены экспериментальные данные [2], отражающие зависимость между прочностными показателями СФБ, расход фибры (в процентах по массе) и ее длины. Высушенный песок, цемент и стекловолокно смешивали в лабораторной чаше вручную до однородного состояния.

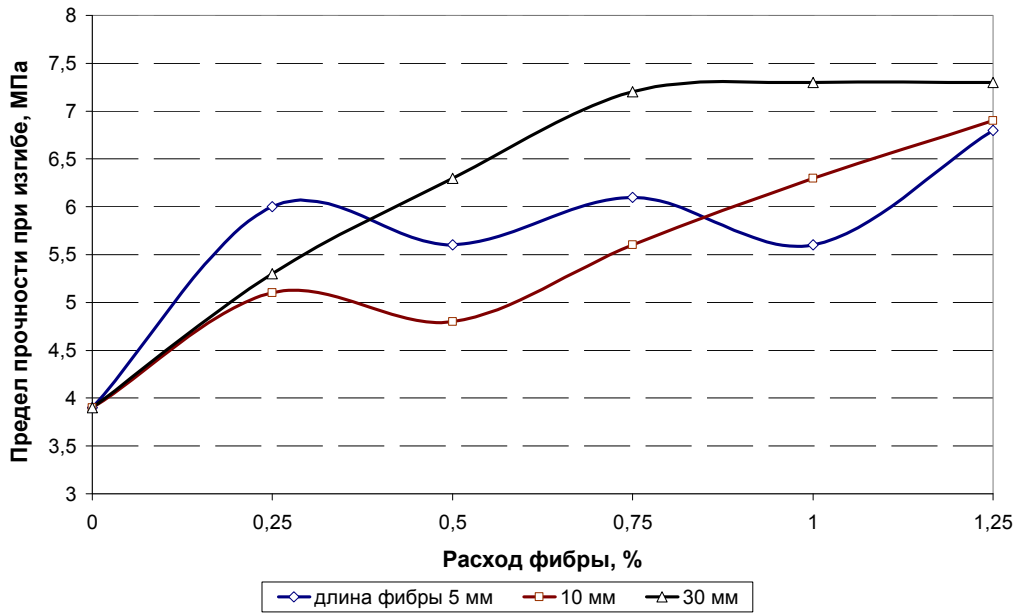


Рис. 2 – Влияние расхода фибры и ее длины на прочность при изгибе

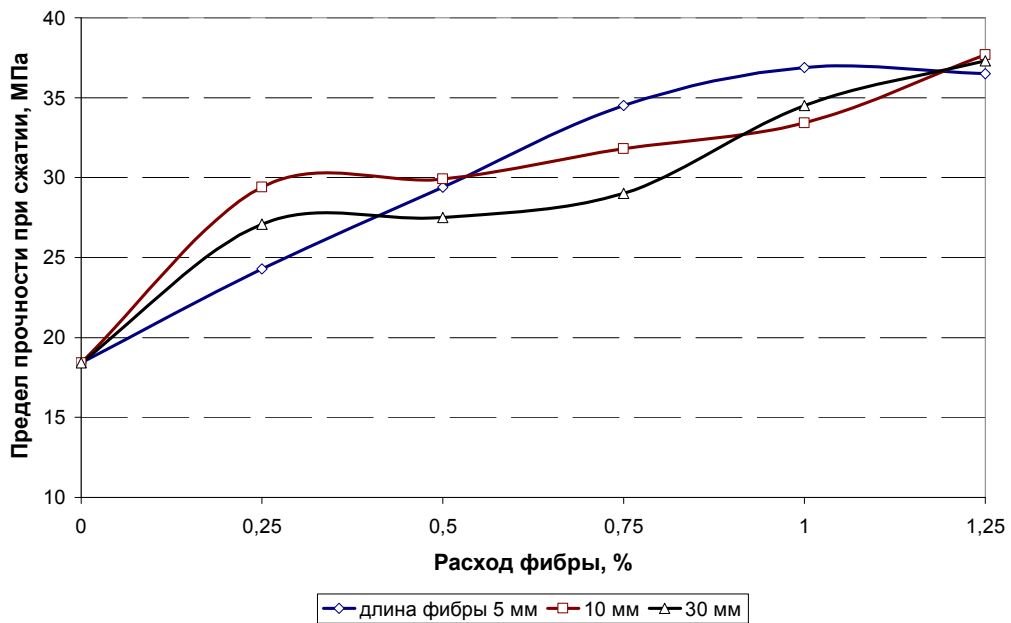


Рис. 3 – Влияние расхода фибры и ее длины на прочность при сжатии

Как следует из данных, увеличение степени армирования сопровождается ростом прочности, как при изгибе, так и сжатии. Но введение фибры путем перемешивания компонентов вручную не позволяет достигнуть объема дисперсного армирования свыше 1,25%. Применение, например, метода пневмонабрызга расход фибры может достигать 5% от массы смеси.

Составы с фиброй длиной 5 мм характеризуются неоднородностью свойств, а использование фибры длиной 30 мм не рационально при степени армирования более 0,75% (прироста прочности при изгибе не наблюдается). Таким образом, оптимальной является фибра длиной 10 мм. Немаловажным является и то, что при длине фибры 10 мм сохраняется необходимая удобоукладываемость смеси, позволяющая формировать поверхность изделия со сложным рельефом.

Другой важной проблемой, требующей учета при производстве изделий из СФБ, является усадка. Высокое содержание вяжущего в матричной составляющей стеклофибробетона способно повлечь значительные усадочные деформации.

В работе [3] исследовано влияние степени армирования на деформации усадки образцов СФБ, изготовленных пневмонабрызгом.

Дисперсное армирование позволяет значительно снизить усадку в 1,2 и 1,6 раза при расходе фибры 3 и 5% соответственно (рис. 4). Это, в свою очередь, пропорционально снижает риск появления усадочных трещин.

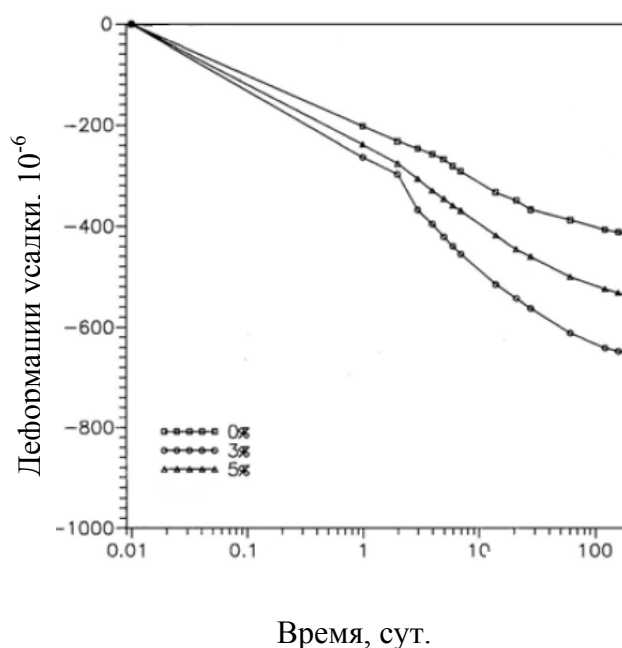


Рис. 4 – Деформации усадки СФБ в зависимости от содержания стекловолокна и времени твердения

Долговечность фибры в составе цементных бетонов определяется их щелочестойкостью, поэтому для дисперсного армирования используют стекловолокно на основе циркония.

Дополнительной мерой повышения стойкости стекловолокна является использование активных минеральных добавок, связывающих известь и понижающих щелочность среды. Кроме этого, указанные добавки повышают коррозионную стойкость матричной составляющей стеклофибробетона.

Системный подход, учитывающий вышеобозначенные аспекты при проектировании состава и наладке технологического процесса производства стеклофибробетона, позволил нам получить материал, отвечающий высоким эксплуатационным требованиям (табл. 1).

Таблица 1 - Основные технические характеристики стеклофибробетона

Характеристика	Значения
Плотность (сухая смесь)	1900-2200 кг/м ³
Ударная вязкость по Шарпи	2,0 кг•мм/мм ²
Прочность при сжатии	не менее 55 МПа
Предел прочности на растяжение при изгибе	не менее 40 МПа
Модуль упругости	2,0-2,5 ГПа
Предел прочности на осевое растяжение:	7,8 МПа
Удлинение при разрушении	0,8%
Коэффициент температурного расширения	$9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Теплопроводность	0,65 Вт/см ² •°C
Водонепроницаемость	W12
Морозостойкость	не менее F300

На рис. 5 в графической форме представлено сравнение прочностных характеристик матричной составляющей и СФБ в целом.

Для получения СФБ нами используется белый портландцемент ПЦ500Д0, полифракционированный кварцево-полевошпатный песок, комплекс химических и минеральных добавок. В качестве фибры применяется щелочное стеклянное волокно, содержащее 10-15 % щелочных оксидов. Нить стекловолокна диаметром 10-20 мкм собрана в пучок и намотана на бобину. Степень армирования составляет 3% от массы смеси.

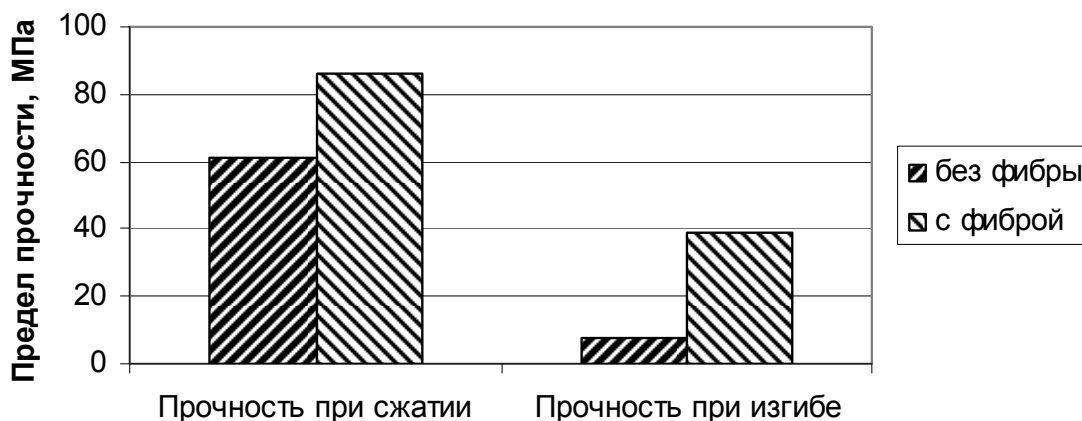


Рис. 5 – Прочность СФБ и матричной составляющей бетона

Для производства стеклофибробетона применяется специальное технологическое оборудование – установка СЦ-45, которая состоит из растворонасоса СО-150 УМ2 с виброситом, пневмопульты для управления установкой и пистолета-распылителя. С помощью этого оборудования производится рубка стекловолокна на отрезки необходимой длины, разделение пучка волокон на моноволокна, их смешивание с растворной смесью и набрызг стеклофибробетона с помощью пистолета-распылителя на полиуретановую форму. Из дополнительного оборудования используется компрессорная станция К-3, растворомешалка СО-46Б и манипулятор (рис. 6).

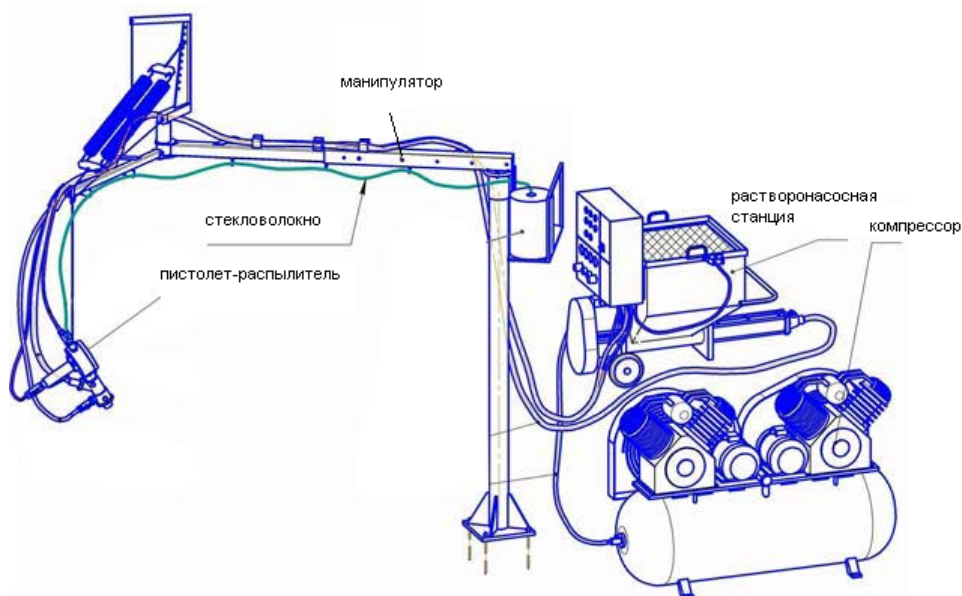


Рис. 6 – Общий вид установки с манипулятором

Практическое применение данной технология получила при реставрации подвесного потолка перронного зала станции Петербургского метрополитена (ст. Автово).

Исторический подвесной потолок украшен лепными декоративными элементами. Основу композиции составляют декоративные кессоны, структурированы расположенные по поверхности потолка станции. Между декоративными кессонами под продольными и поперечными балками покрытия размещены плоские вставки, украшенные гирляндами из листьев и венками в угловых зонах. Орнаментальный мотив декоративных кессонов представлен многократно повторяющимися стилизованными природными формами (листовая прорезка, розетки), разделенными декоративными поясками. В угловых зонах декоративных кессонов расположены треугольные штукатурные тяги.

В процессе многолетней эксплуатации под действие динамических нагрузок и протечек, а также ввиду недостаточной надежности крепления значительная часть декоративных элементов потолка разрушилось (рис. 7), что потребовало проведения реставрационных работ с обеспечением эксплуатационной надежности объекта на длительный период времени. Обязательным условием работы явилось сохранение существующего архитектурного облика станции.



Рис. 7 – Перронный зал ст. Автово с демонтированными конструкциями подвесного потолка

Исходя из этого был разработан проект, предусматривающий выполнение конструкций подвесного потолка (декоративные кессоны и панели) из стеклофибробетона.

Тонкостенный потолочный элемент – кессонная или плоская панель изготавливается в полиуретановой форме методом набрызга стеклофибробетоновой смеси с замоноличиванием металлического каркаса из нержавеющей стали, обеспечивающего пространственную жесткость панелей при монтаже и эксплуатации (рис. 8). Размеры кессона в плане 4800×4800 мм, глубина 350 мм.



Рис. 8 – Конструкция подвесного потолка из СФБ перронного зала ст. Автово

При достижении стеклофибробетоном отпускной прочности, каркас панели монтируется при помощи талрепов к потолочным балкам.

Технологический процесс изготовления панели включает три последовательных этапа процедуры непрерывного набрызга.

На первом этапе набрызга с целью создания гладкой лицевой поверхности панели в качестве первого слоя используется состав без стеклофибры. Эта смесь наносится с помощью пистолета-распылителя толщиной 2-3 мм.

На втором этапе набрызга также с помощью пистолета-распылителя наносится основной конструкционный слой из стеклофибробетона толщиной 5-10 мм. Толщина укладываемого слоя при производстве работ контролируется щупом. Набрызг стеклофибробетона производится непрерывно по всей плоскости панели. После нанесения слоя стеклофибробетона производится его тщательное уп-

лотнение специальными структурными валиками для удаления воздуха и обеспечения монолитности материала изготовленной панели (первого и второго слоев).

На третьем этапе производится соединение свежееизготовленной панели из стеклофибробетона с пространственным каркасом в единое изделие путем напыления.

По истечению не менее 48 часов нормально-влажностного твердения потолочные конструкции могут монтироваться по месту. К этому возрасту достигается не менее 70% марочной прочности бетона.

Таким образом, использование стеклофибробетона при производстве подвесных большеразмерных конструкций является новым направлением его использования. При этом задействованы все положительные особенности этого материала: малый вес, высокая прочность на изгиб, а также высокая динамическая прочность.

Отличительной особенностью ООО «АжиоПроект» при производстве стеклофибробетонных изделий различного назначения является системный научный подход, затрагивающий как проектирование состава бетона, так и конструктивных элементов. При этом нами учитываются условия эксплуатации, технологические параметры, требуемый уровень свойств и экономическая целесообразность.

Список литературы:

1. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технологии, конструкции. - Москва: АСВ, 2004. – 560 с.

2. Габидуллин М.Г., Багманов Р.Т., Шангараев А.Я. Исследование влияния характеристик стеклофибры на физико-механические свойства стеклофибробетона / XV Академические чтения РААСН – Материалы международной научно-технической конференции "Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии". Казань: – 2010, КГАСУ. – С. 268-273.

3. Ho C.Y., Lee Y.C. Effects of humidity on the deformation of GFRC composite material // The Arabian Journal for Science and Engineering. – 2009. – Vol. 34. - № 1C. – P. 73-79.