

Фибробетон для строительства объектов нефтегазовой отрасли

*В.А. Перфилов, К.Е. Булатов, Р.А. Аверьянов, Д.А. Алфимов,
М.О. Биленко*

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: При строительстве и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли предъявляются повышенные требования к качеству бетона. С этой целью необходимо использовать новые составы и технологию их приготовления для получения бетонов необходимой плотности с высокой прочностью, морозостойкостью, водостойкостью, трещиностойкостью и, в конечном итоге, повышенной долговечностью. Применение в составе мелкозернистого бетона суперпластифицирующей добавки, базальтовой или полимерной фибры и наноуглеродной добавки в указанных количествах способствовало повышению однородности и плотности смеси и, соответственно, увеличению прочностных характеристик бетона в различные сроки твердения. В результате испытаний бетонных образцов на морозостойкость получена марка 400-500 циклов замораживания и оттаивания. Это дает возможность применения указанных составов мелкозернистых бетонов в суровых климатических и сложных инженерно-геологических условиях строительства и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова: фибробетон, резервуары нефтехранилищ, наноуглеродные трубки, фибра базальтовая, суперпластификатор.

В настоящее время для улучшения физико-механических свойств бетонов, применяемых в конструкциях объектов нефтегазовой отрасли, нашли широкое применение фибровые наполнители [1-3].

При строительстве надземных, подземных, надводных и подводных конструкций нефтегазовых сооружений из железобетона в виде фундаментов, стен, покрытий, гравитационных морских платформ с целью повышения плотности, прочности, морозостойкости и водонепроницаемости применяют мелкозернистые и тяжелые фибробетоны [4]. Учитывая высокие показатели фибробетона по прочности на растяжение при изгибе, малую усадку и высокую трещиностойкость, данные составы имеют большие преимущества при использовании в качестве напольных покрытий промышленных объектов, в том числе нефтегазовых.

Применение фибробетона в железобетонных конструкциях различных промышленных сооружений позволяет в некоторых случаях полностью или

частично отказаться от использования дорогостоящих арматурных сеток и каркасов без потери прочности бетона в конструкции. Это также влияет на снижение капитальных затрат на материалы, а также затраты труда на армирование конструкций [5-7].

Улучшенные физико-механические свойства фибробетона основываются на том, что введение фибровых волокон из различных материалов (сталь, базальт, полимер, стекло и др.) способствует при правильной технологии введения пространственному упрочнению структуры, ее уплотнению, уменьшению усадочных деформаций и высокой трещиностойкости, особенно при действии растягивающих нагрузок [8,9].

Материал фибровых волокон подбирается в зависимости от условий строительства и эксплуатации конструкций объектов нефтегазовой отрасли и других областях строительства. В условиях действия агрессивных водных или кислотных сред вместо металлических, целесообразно применять базальтовые, полимерные или стекловолокна подбираемых размеров. Они отличаются высокой прочностью, малой плотностью и высокой стойкостью к указанным агрессивным факторам.

В разрабатываемом объекте строительства монолитных фундаментов под резервуары нефтехранилищ и другие объекты нефтегазовой отрасли целесообразно использовать фибробетоны с волокнами из базальта, полипропилена или стекловолокна. Такие наполнители являются стойкими по отношению к агрессивным нефтяным средам.

В связи с обоснованной необходимостью применения фибробетона в железобетонных конструкциях объектов нефтегазовой отрасли были разработаны составы фибробетонов, включающие портландцемент, кварцевый песок, гранитный заполнитель, воду, а также наполнители из фибровых волокон и модифицирующую добавку.

Модифицирующие добавки в сочетании с пластификаторами [10] позволяют улучшить нано- и микроструктуру бетона, а введение в бетонную смесь фибровых волокон способствует упрочнению макроструктуры получаемого фибробетона.

Был произведен подбор оптимального состава фибробетонной смеси с достижением класса В 45, т.е. марка бетона по прочности составила около 600 кг/см^2 .

При разработке составов фибробетона использовали базальтовые и полимерные волокна при расходе примерно 1,2 и 1,4 кг на 1 м^3 бетона.

В качестве модифицирующих микро-и наноструктуру фибробетона применялись наноуглеродные добавки в виде полых цилиндрических трубок с наружным диаметром 20 – 50 нм, а внутренний диаметр составлял 5 – 10 нм с длиной до 2-50 мкм.

Наилучший эффект от применения наноуглеродных добавок достигается при их совместном использовании с пластификатором. В данном случае после предварительного отбора пластифицирующих добавок наилучший эффект был получен в результате применения суперпластификатора «СП-4».

В качестве примера одного из разработанных составов фибробетонной смеси с количественными соотношениями комплексной добавки и фибрового наполнителя представлены в таблице 1.

Таблица 1

Составы комплексной добавки и фибрового наполнителя	Содержание компонентов добавки фибры, % от массы цемента		
	1	2	3
Пластификатор «СП-4»	0,52	0,77	1,02
Наноуглеродные трубки	0,006	0,008	0,01
Фибра базальтовая, % от объема смеси	1,2	1,4	1,6

Приготовление фибробетонной смеси производилось следующим образом. Предварительно наноуглеродную добавку совместно с суперпластификатором перемешивали в ультразвуковом диспергаторе до получения однородной и реакционно-активной смеси в течение 1-2 минут. Сухие компоненты в виде цемента, песка, гранитного щебня и фибровых волокон перемешивали в бетоносмесителе принудительного действия в течение 3-4 минут. Окончательное совместное перемешивание всех компонентов смеси осуществлялось в указанном бетоносмесителе в течение 4-5 минут.

После окончания приготовления фибробетонной смеси изготавливались контрольные образцы для твердения в естественных условиях в течение 28 суток.

После достижения набора прочности образцы подвергали испытанию в разные сроки твердения. Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2

Составы фибробетона	Предел прочности при сжатии, МПа			
	Возраст фибробетона, сут.			
	1	3	7	28
1	19,5	35,7	51,0	57,3
2	23,3	39,8	53,4	59,7
3	25,6	41,7	55,8	64,2
Контрольный состав	15,7	28,3	41,8	52,5

Анализ результатов испытаний разработанных составов фибробетонов показал, максимальное значение прочности на сжатие в разные сроки твердения бетона получено у состава № 3 (табл. 2), которое превышает аналогичные параметры у контрольного состава без применения модифицирующих добавок и фибрового наполнителя на 22,3 % в 28-ми

суточном возрасте. В более ранние сроки твердения (7 суток) полученный состав фибробетона показал увеличение прочности на 33 %, что является очень важным показателем с точки зрения быстрого набора прочности бетона в конструкции и более раннего начала нагружения данного участка сооружения.

Испытания на растяжение при изгибе также показали увеличение прочности разработанных составов фибробетона. В частности, предел прочности на изгиб разработанного состава № 3 (табл. 2) показал увеличение прочности на 45 % по сравнению с контрольными образцами в возрасте 28 суток.

Помимо достигнутого увеличения прочностных характеристик разработанных составов фибробетонов установлено снижение расхода дорогостоящего цемента на 43 %. Это факт дает возможность судить о значительном экономическом эффекте применения разработанных составов фибробетона наряду со снижением количества применяемых арматурных каркасов при использовании фибровых волокон при монолитном бетонировании конструкций нефтегазовых сооружений.

Учитывая высокую прочность полученного состава фибробетона, был определен показатель морозостойкости, который составил 400 – 500 циклов, а марка по водонепроницаемости составила - W 12.

Таким образом, установлено, что разработанный состав модифицированного фибробетона может быть использован в конструкциях сооружений нефтегазовой отрасли, а именно, в монолитных фундаментах под резервуары нефтепродуктов, эксплуатируемых на различных грунтах при действии агрессивных водных сред.

Литература

1. Войлоков И. А. Применение дисперсного армирования при строительстве гидротехнических сооружений // Инженерно-строительный журнал. - 2009. - № 1. - С. 31.
2. Смоликов А.А. Бетон, армированный нановолокнами. // Бетон и железобетон, 2009 - № 4. –С.8-9.
3. Пухаренко, Ю. В. Аубакирова И.У. Полидисперсное армирование строительных композитов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2011. - № 2. - С. 25-26.
4. Перфилов В.А., Габова В.В., Лукьяница С.В. Бетон для строительства подводных нефтегазовых сооружений // Инженерный вестник Дона. - 2020. - № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6673.
5. Маилян, Л.Р., Маилян А.Л., Айвазян Э.С. Расчетная оценка прочностных и деформативных характеристик и диаграмм деформирования фибробетонов с агрегированным распределением волокон // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1760
6. Hannant D.J. Fibre cement and concrete // Dep. Civil. Eng. University Surrey. N.Y., 1978. 76 p.
7. Gartner E.M., Macphee D.E. A physico-chemical basis for novel cementitious binders //Cement and Concrete Research. 2011. Т. 41, № 7. pp.736-749. DOI: 10.1016/j.cemconres.2011.03.006.
8. Волков И.В. Проблемы применения фибробетона в отечественном строительстве. // Строительные материалы, 2004 - № 6. –С.12-13.
9. Ляшенко Д.А., Пепфилов В.А., Николаев М.Е., Лукьяница С.В., Бурханова Р.А. Повышение прочности мелкозернистого бетона с применением углеродных нанотрубок и механоактивации смеси // Строительные материалы. 2023. № 12. С. 49-54.



10. Нестаев Г.В. Эффективность применения суперпластификаторов в бетонах // Строительные материалы. 2006. С. 23—25.

References

1. Vojlokov I. A. Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2009. № 1. P. 31.
2. Smolikov A.A. Beton i zhelezobeton, 2009 № 4. pp. 8-9.
3. Puharenko, YU. V. Aubakirova I.U. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2011. № 2. pp. 25-26.
4. Perfilov V.A., Gabova V.V., Luk'yanica S.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6673.
5. Mailyan, L.R., Mailyan A.L., Ajvazyan E.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1760
6. Hannant D.J. Dep. Civil. Eng. University Surrey. N.Y., 1978. 76 p.
7. Gartner E.M., Macphee D.E. Cement and Concrete Research. 2011. T. 41, № 7. pp.736-749. DOI: 10.1016/j.cemconres.2011.03.006.
8. Volkov I.V. Stroitel'nye materialy, 2004. № 6. pp.12-13.
9. Lyashenko D.A., Perfilov V.A., Nikolaev M.E., Luk'yanica S.V., Burhanova R.A. Stroitel'nye materialy. 2023. № 12. pp. 49-54.
10. Nestaev G.V. Effektivnost' primeneniya superplastifikatorov v betonah. Stroitel'nye materialy. 2006. P. 23—25.

Дата поступления: 30.09.2024

Дата публикации: 14.11.2024