

УДК 691.322

**ПРОЧНОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ ПЕНОБЕТОНОВ, АРМИРОВАННЫХ  
ОТХОДАМИ СТЕКЛОСЕТКИ****В.А. ХВАТЫНЕЦ***(Представлено: канд. тех. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА)*

*Рассмотрены достоинства и недостатки использования пенобетонов. Рассматривается возможность использования отходов стеклосетки для армирования пенобетонов, с целью уменьшения существующих недостатков. Проведён опыт по определению эффективности влияния армирования отходами стеклосетки на прочность при сжатии и плотность. Приведены характеристики используемых материалов. По полученным результатам сделан вывод о перспективности исследований по использованию отходов стеклосетки для армирования пенобетонов.*

Пенобетон является эффективным строительным материалом, имеющим массу преимуществ перед традиционными строительными материалами [1–2]. Преимущество пенобетона – высокое соотношение прочности к весу изделия, низкий коэффициент теплопроводности, повышенная огнестойкость, долговечность и прочие. Из пенобетона изготавливают бетонные блоки и панели для наружных стен и перегородок, бетонные плиты для покрытий крыш и перекрытий этажей и т.д.

Пенобетон делится на два типа, в соответствии со способом производства [3–4]. Первый метод включает в себя предварительное вспенивание, путём смешивания пенообразователя с водой, и смешивание с цементным раствором. Второй метод подразумевает добавление пенообразователя непосредственно в цементный раствор с последующим смешиванием, в результате чего получается пористая структуру готового пенобетона.

Однако, наряду с преимуществами пенобетон имеет ряд недостатков, таких как хрупкость, низкая трещиностойкость и низкая ударная вязкость [5]. Эти недостатки ограничивают пенобетоны от повсеместного использования. Для борьбы с этими недостатками эффективно дисперсное армирование при помощи различных волокон. Волокна используются для изменения прочность на растяжение и изгиб, ударной вязкости, образования трещин и прочности на сжатие [6–8]. Одним из возможных материалов, используемых в качестве армирующих волокон может являться стекловолокно.

Стекловолокно – экологичный материал, не содержащий вредных добавок, не подверженный гниению и коррозии. В бетоне, армированном стеклянной фиброй, по сравнению с неармированным бетоном, возрастают прочность на изгиб и растяжение, ударная прочность, увеличивается предел прочности на сжатие [9–10]. Но главное преимущество стеклофиброармирования перед армированием другими видами фибры – придание растворам при застывании высокой стойкости к трещинообразованию и расслаиванию, сдерживание отделения цементного "молочка", уменьшение величины деформации при усадке [11].

Отходами производства ОАО «Полоцкстеловолокно» являются обрезки щелочестойкой стеклосетки ССШ-160(100)-1800/1800. Характеристики отходов стеклосетки приведены в таблице 1. Практический интерес представляет изучение возможностей использования отходов в качестве фибры в пенобетонах. В ходе исследований был проведён эксперимент, цель которого заключалась в изучении влияния отходов стеклосетки на характеристики готового изделия, в частности на предел прочности при сжатии и плотность. Также определялся оптимальный процент армирования, при котором будут достигнуты наилучшие показатели прочности при сжатии.

Таблица 1. – Характеристики отходов щелочестойкой стеклосетки

Свойства волокна	Значение
Длина волокна, мм	20-25
Номинальная масса, г/м <sup>2</sup>	160
Разрывная нагрузка, Н	1800
Химическая устойчивость	Очень высокая
Электрическая проводимость	Очень низкая

Пенобетонная смесь, используемая в исследованиях, имела В/Ц равное 0,4. Для получения пены был применён пенообразователь Foamix C, характеристики которого приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Характеристики пенообразователя Foamix C

Показатель	Значение
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,15
Плотность пены, гр/л	50
Стабильность, час	0,7-2,5
Кратность	80

Испытания по определению прочности на сжатие проводились на образцах в форме куба с номинальными размерами 70×70×70 мм в возрасте 28 суток, в соответствии с [12]. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Прочность и плотность пенобетонных образцов, армированных отходами стеклосетки

Номер образца	В/Ц	Цемент, кг/м <sup>3</sup>	Вода, кг/м <sup>3</sup>	Пенообразователь, кг/м <sup>3</sup>	Процентное содержание фибры, % от массы цемента	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа
1	0,4	300	120	3,3	-	307,6	0,566
2	0,4	300	120	3,3	1	386,3	0,809
3	0,4	300	120	3,3	1,5	444,6	0,732
4	0,4	300	120	3,3	2	386,5	0,625

Анализируя данные таблицы, виден увеличение плотности образцов пенобетона с увеличением процентного содержания фибры. Это может являться следствием разрушения части пены в растворе введенными волокнами стеклосетки (рис. 1). Однако, сравнивая полученные данные прочности для образцов 2, 3, 4 видно, что при увеличении содержания фибры от 1% до 2% прочность на сжатие падает. Можно предположить, что при плотности 300–400 кг/м<sup>3</sup> оптимальное содержание фибры находится в пределе 1%.



**Рисунок 1. – Образцы пенобетона, армированные отходами стеклосетки после испытаний прочности на сжатие:**  
**а) армирование в количестве 1%; б) армирование в количестве 1,5%;**  
**в) армирование в количестве 2%**

Оценивая характер разрушения образцов, видно, что при большем содержании обрезков стеклосетки в исходном растворе, разрушение становится менее хрупким (рис 1, в).

Таким образом, можно сделать вывод, что работоспособность пены в растворе понижается с увеличением процентного содержания стеклосетки. Прочность на сжатие увеличивается с применением фибры до 1%, а с дальнейшим увеличением процентного содержания стекловолокна – прочность уменьшается. Так же стоит отметить, что присутствие фибры в виде отходов стеклосетки изменяет характер разрушения образцов и делает его менее хрупким, что является преимуществом для пенобетона, как для строительного материала. Полученные результаты показывают перспективность дальнейших исследований использования отходов щелочестойкой стеклосетки в пенобетонах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Румянцев, Б.М. Технология и оборудование для производства пенобетонов методом сухой минерализации пены / Б.М. Румянцев, Е.А. Зудяев, Д.С. Критарасов // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. – 1999. – № 3–4.
2. Чистов, Ю.Д. К вопросу о некоторых ключевых проблемах неавтоклавных ячеистых бетонов / Ю.Д. Чистов // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. – 2003. – № 8. – С. 24–25.
3. Коротышевский, О.В. Новая ресурсосберегающая технология по производству высокоэффективных пенобетонов / Коротышевский О.В. // *Строительные материалы*. – 1999. – № 2. – С. 32–33.
4. Лобанов, И.А. Основы технологии дисперсно армированных бетонов (фибробетонов) : автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Л., ЛИСИ, 1983. – 36 с.
5. Парфенова, Л.М. Физико-механические свойства бетонов с полиакрилонитрильными волокнами / Парфёнова Л.М., Качан М.С. // *Вестник Полоцкого государственного университета. Строительство. Прикладные науки*. – 2011. – С. 30–34
6. Макаричев, В.В. О ячеистом бетоне, армированном волокнами / В.В. Макаричев // *Фибробетон и его применение в строительстве*. – М., НИИЖБ, 1979. – С. 28–33.
7. Волков, И.В. Фибровая арматура для бетонов / И.В. Волков, Э.М. Газин // *Труды 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона*. – 2001. – С. 1171–1179.
8. Калугин, И.Г. Пенобетоны дисперсно-армированные базальтовым волокном : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / И.Г. Калугин. – Красноярск, 2011. – 22 с.
9. Сари, М. Армированные волокнами вяжущие композиционные материалы: вклад полиамидных волокон / М. Сари, Дж. Лекселент, Р. Решерш // *Современные технологии сухих смесей в строительстве "MixBULD"* : сб. докладов / под общ. ред. Э.Л. Большакова. – СПб., ГУПС, 2001. – С. 48–60.
10. Моргун Л.В. Свойства фибропенобетонов, армированных полиамидными волокнами. Дисс. к.т.н. Ленинград: ЛИСИ, 1986. -169 с.
11. Моргун В.Н. Структурообразование и свойства фибропенобетонов неавтоклавного твердения с компенсированной усадкой: дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / В.Н. Моргун; Ростов-на-дону, 2004. – 178 с.
12. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180-2012. – Введ. 07.01.13. – Минск: Межгосударственная система стандартизации. Основные положения, 2013.