

## СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ФИБРОПЕНОБЕТОНА НА РАЗЛИЧНЫХ ВЯЖУЩИХ

В.И. Федоров, В.Н. Унаров

Научный руководитель: профессор, д.т.н., А.Е. Местников  
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,  
Россия, г. Якутск, ул. Белинского, 58, 89644186269

Е-mail: [Elley-90@mail.ru](mailto:Elley-90@mail.ru)

## WALL MATERIALS FROM FIBER REINFORCED FOAM CONCRETE ON DIFFERENT BINDERS

V.I. Fedorov, V.N. Unarov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.E. Mestnikov  
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov,  
Russia, Yakutsk, Belinscogo str. 58, 89644186269

Е-mail: [Elley-90@mail.ru](mailto:Elley-90@mail.ru)

**Abstract.** *The article discusses the comparison of physical and mechanical properties fiber reinforced foam concrete (the FRFC) using the secondary cellulosic fibers (the SCF). The basis of the article is the results of research of technical properties of the foam with the addition of the SCF and FRFC based on various binders. The results of the experimental data give an idea of the maximum FRFC properties. Experiments were carried out using standard tools and measurement methods, as well as a complex of modern physical and chemical methods of analysis. As a result of the analysis of physical and mechanical properties FRFC, set the optimum content of the SCF with respect to the binder mass. It revealed a causal relationship between the content of the SCF and compressive strength FRFC.*

**Введение.** В связи с интенсивным увеличением строительства жилых и общественных зданий в Республике Саха (Якутия), возникает необходимость в наличии конкурентоспособного конструкционно-теплоизоляционного стенового материала, способного выдерживать суровые климатические условия Крайнего Севера. В первую очередь, материал должен обладать достаточной прочностью при пониженных плотностях, малым коэффициентом теплопроводности, высокими показателями морозостойкости и звукоизоляции. Одним из немногочисленных материалов, отвечающих высоким требованиям мировых стандартов, является фибропенобетон [1].

Исходя из жестких требований к технологии изготовления фибропенобетона, и особенностей эксплуатации изделий на их основе, фибра должна удовлетворять следующим требованиям: предельная деформативность фибры должна быть выше предельной деформативности бетона; соотношение модулей упругости фибры и бетонной матрицы должно быть больше 1; предел прочности фибры на растяжение должна превышать этот же параметр цементной матрицы; быть химически стойкой в щелочной среде твердеющего цемента [2, 3]. По соотношению «цена/качество», вышерассмотренным требованиям наиболее соответствует вторичная целлюлозная фибра (ВЦФ), извлекаемая из отходов макулатуры [1,4].

Нами изучены фибропенобетоны на основе цемента, гипса и магнезиального вяжущего с использованием ВЦФ. Наряду с этим, исследовано влияние ВЦФ на устойчивость технической пены.

**Материалы и методы исследования.** Образцы фибропенобетона изготовлены по «классическому» способу. Лабораторные испытания образцов выполнены на поверенных приборах испытательного центра «Якутск-Эксперт». Исследование структуры, определение качественных и количественных показателей фибропенобетона проведены на базе инновационно-технологического центра «Энергоэффективные строительные материалы».

**Основные результаты.** Экспериментальными исследованиями установлено положительное влияние ВЦФ на устойчивость технической пены. В исследовании использована пена со средней плотностью  $75 \text{ кг/м}^3$ . В качестве порообразующей добавки использован пенообразователь итальянского производства FOAMCEM. На рис. 1 показана изменение устойчивости пены от концентрации пенообразователя. Мерой устойчивости пены принят промежуток времени, при котором выделяется 50% водного раствора порообразователя [2]. Повышенная устойчивость предположительно связано с частичным закупориванием канала Плато-Гиббса и снижением скорости истечения жидкости, благодаря трению с ВЦФ.

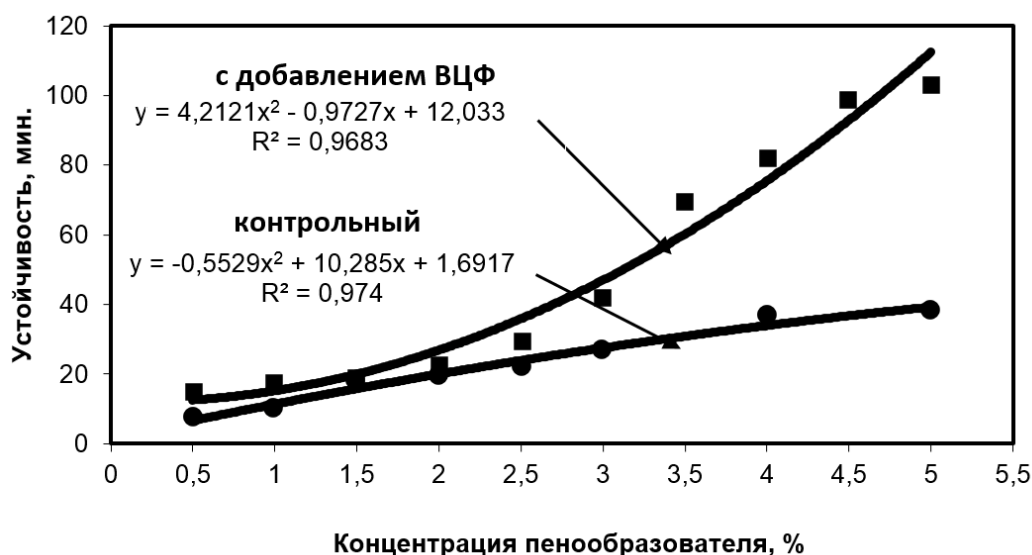


Рис. 1. Влияние содержания ВЦФ на устойчивость технической пены

В табл. 1 приведены физико-механические характеристики фибропенобетона с использованием ВЦФ на основе различных вяжущих. В результате исследований установлено оптимальное содержание ВЦФ для каждого вида фибропенобетона. Следует отметить, что использование ВЦФ позволяет повысить вязкость разрушения фибропенобетона в результате торможения процесса образования микротрещин [3]. Кроме этого, увеличение прочности на сжатие предположительно связано с более плотной упаковкой продуктов гидратации вяжущего в контактной зоне между ВЦФ и матрицей. Прежде всего, данный эффект объясняется образованием центров кристаллизации на поверхности ВЦФ и последующим осаждением продуктов гидратации [2].

Наиболее высокую прочность показали образцы на основе магнезиального вяжущего, далее на основе цемента, затем на основе гипсового вяжущего. Анализ прироста прочности относительно прочности контрольного образца фибропенобетон на различных вяжущих позволил сформировать

следующую гипотезу: вложенный потенциал прочностных характеристик фибры максимально используется при высокой плотности межпоровой перегородки. В противном случае, при низких плотностях межпоровой перегородки, сцепление между ВЦФ и матрицей снижается.

Таблица 1

Физико-механические характеристики образцов фибропенобетона с использованием ВЦФ

№ п/п	Название показателя	Единица измерения	Фибропенобетон на основе		
			гипсового вяжущего	цемента	магнезиального вяжущего
1	Средняя плотность	кг/м <sup>3</sup>	624,29	631,08	607,35
2	Прочность при сжатии	МПа	1,37	1,83	6,41
3	Коэффициент конструктивного качества <sup>1</sup>	-	2,19	2,89	10,55
4	Прирост прочности относительно прочности контрольного образца	%	23	41	68
5	Коэффициент теплопроводности	Вт/(м×К)	0,127	0,135	0,142
6	Оптимальное содержание ВЦФ (от массы вяжущего)	%	0,2	0,30	1,00

**Заключение.** Таким образом, на основании проведенных исследований, установлен положительный эффект использования ВЦФ в технологии фибропенобетона. По результатам физико-механических испытаний определено оптимальное содержание ВЦФ для фибропенобетонов на основе цемента, гипсового и магнезиального вяжущего. Введение ВЦФ позволяет увеличить прочность при сжатии 23-68%. Учитывая тот факт, что ВЦФ извлечены из обычной бумажной макулатуры, степень увеличения прочности можно считать достаточно высокой. Следовательно, фибропенобетоны с использованием ВЦФ позволяют получить конструкционно-теплоизоляционный стеновой материал плотностью D600 и прочностью В1-В5 на основе различных вяжущих (гипса, цемента, магнезиального вяжущего).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. - Ростов н/Д.: Феникс, 2006. - 264 с.
2. Перфилов В.А. Применение модифицирующих микроармирующих компонентов для повышения прочности ячеистых материалов / В.А. Перфилов, А.В. Аткина, О.А. Кусмарцева // Изв. вузов. Строительство. – 2010. – №9.
3. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: Монография. – М.: Издательство АСВ, 2004.
4. Федоров В.И. Дисперсно-армированный пенобетон с применением целлюлозных фибр: материалы Междунар. научно-техн. конф. в рамках Междунар. выставки «СТРОЙСИБ-2015», 3-6 февраля 2015 г. Новосибирск.: НГАУ, 2015. С. 124-123.

<sup>1</sup>Коэффициент конструктивного качества рассчитывается отношением прочности при сжатии на относительную плотность  $K_{кк} = R_{сж}/d$ , где  $d = \rho_o/\rho_b$