

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей
международной научной конференции,
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2018

Редакционная коллегия:

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ ОТХОДАМИ ЩЕЛОЧЕСТОЙКОЙ СТЕКЛОСЕТКИ

Л.М. Парфёнова, В.А. Хватынец

Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь

email: l.parfenova@psu.by, 12pgs1.khvatynets.v@pdu.by

Рассматривается эффективность использования отходов щелочестойкой стеклосетки при дисперсном армировании цементных систем на примере пенобетонов, плотностью 300-400 кг/м³ и цементных плит, используемых в дорожном строительстве.

Ключевые слова: отходы щелочестойкой стеклосетки, дисперсное армирование, фибра, пенобетон, цементные плиты, плотность, прочность на сжатие, нагрузка, перемещение.

DISPERSE REINFORCEMENT OF CEMENT SYSTEMS WITH WASTE OF ALKALINE-RESISTANT GLASS LINES

L. Parfenova, V. Khvatynets

Polotsk State University, Belarus

email: l.parfenova@psu.by, 12pgs1.khvatynets.v@pdu.by

In the article, the effectiveness of using alkaline-wool glass waste with the disperse reinforcement of cement systems, in particular foam concrete and cement slabs used in road construction, is considered.

Keywords: waste alkali-resistant glass line, disperse reinforcement, fiber, percentage, foam concrete, cement slabs, density, compressive strength, load, displacement.

Пенобетон является эффективным строительным материалом, имеющим ряд преимуществ: низкий коэффициент теплопроводности, повышенная огнестойкость, долговечность и т.д. Из пенобетона изготавливают бетонные блоки и панели для наружных стен и перегородок, бетонные плиты для покрытий крыш и перекрытий этажей и т.д. [1, 2]. Среди недостатков пенобетона следует отметить усадку, низкие значения прочностей при малых значениях плотности, низкую трещиностойкость [3]. Значительно улучшить физико-механические характеристики пенобетонов позволяет дисперсное армирование. Дисперсное армирование базальтовыми, полипропиленовыми, стеклянными волокнами используется для повышения прочности на растяжение при изгибе, прочности на сжатие, ударной вязкости, стойкости к трещинообразованию [4-6].

Перспективным материалом для дисперсного армирования пенобетона являются отходы производства щелочестойкой стеклосетки ССШ-160(100)-1800/1800 ОАО «Полоцк-стекловолокно». Отходы представляют собой обрезки щелочестойкой стеклосетки в виде полос, которые для проведения эксперимента нарезались на «мини» сетки (рис. 1). Характеристики щелочестойкой стеклосетки приведены в таблице 1.

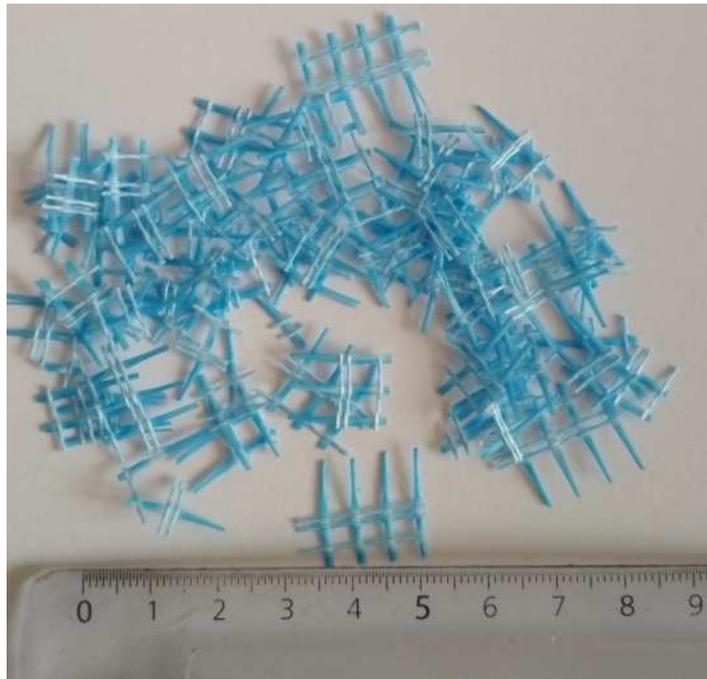


Рисунок 1. – Внешний вид отходов щелочестойкой стеклосетки

Таблица 1. – Характеристики щелочестойкой стеклосетки

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

Для оценки эффективности дисперсного армирования пенобетонов отходами щелочестойкой стеклосетки изготавливались образцы в форму куба с ребром 70 мм, с разным процентным содержанием отходов стеклосетки, которые после 28 суток нормально-влажностного твердения испытывались на сжатие в соответствии с ГОСТ 10180-2012 [7]. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Влияние процентного содержания отходов стеклосетки на прочность и плотность пенобетона

Номер образца	В/Ц	Цемент, кг/м ³	Вода, кг/м ³	Пенообразователь, кг/м ³	Процентное содержание фибры, % от массы цемента	Плотность, кг/м ³	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

Результаты эксперимента показали, что при увеличении процентного содержания отходов стеклосетки увеличивается плотность образцов пенобетона. Данный эффект может

являться следствием разрушения волокнами стеклосетки пены (рис. 2). Установлено, что при количестве отходов стеклосетки в количестве 1 % от массы цемента прочность пенобетона увеличивается на 42,9 %, при этом увеличение количества стеклосетки до 2 % от массы цемента приводит к снижению прочности пенобетона, но не ниже прочности контрольного не армированного образца. Таким образом, при плотности пенобетона 300–400 кг/м³ содержание отходов стеклосетки не должно превышать 1–1,5 % от массы цемента.

Характер разрушения дисперсно армированных образцов пенобетона становится менее хрупким. При увеличении количества отходов стеклосетки образцы после приложения нагрузки менее подвержены потере первоначальной формы в виде куба (рис 2, в).

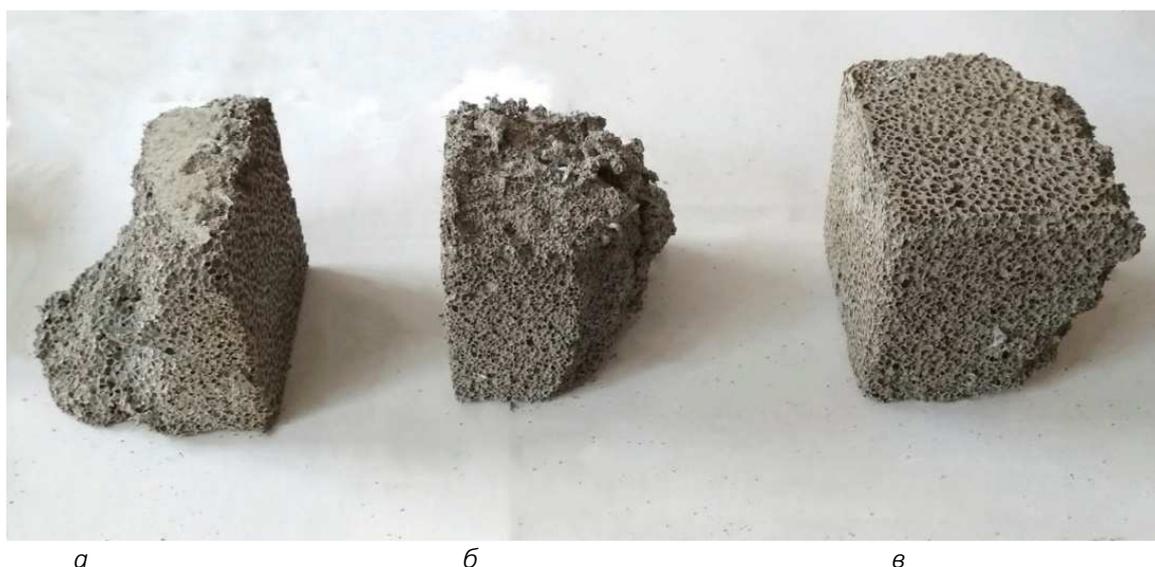


Рисунок 2. – Образцы пенобетона, армированные отходами стеклосетки после испытаний прочности на сжатие:

**а – армирование в количестве 1%; б – армирование в количестве 1,5%;
в – армирование в количестве 2%**

Эффективной областью применения отходов щелочестойкой стеклосетки может быть дисперсное армирование цементобетонных покрытий. При устройстве цементобетонных покрытий конструкция жестких дорожных одежд включает промежуточный слой из тяжелого бетона, который лежит на песчаном основании [8, 9]. При таком варианте устройства покрытия средний бетонный слой воспринимает большую часть нагрузок.

Дисперсное армирование бетонного основания позволяет перераспределять возникающие от действия транспортной нагрузки напряжения на большую площадь, и тем самым, способствовать стабильной работе дорожной одежды даже в неблагоприятных природно-климатических условиях[10].

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены образцы плит, толщиной 30 мм, размером в плане 140 x 120 мм, с различным процентом фибрового армирования: без фибры, 10%, 20% и 30% от массы цемента. Для изготовления образцов использовался портландцемент ОАО «Белорусский цементный завод» СЕМІ 42,5Н; водоцементное отношение принято В/Ц=0,4. После формования образцы подвергались тепловлажностной обработке. Образцы испытывались на продавливание на гидравлическом прессе ПГМ-1000МГ4. Плиты укладывались на жесткое основание (плиту пресса), нагрузка передавалась через металлический круглый штамп диаметром 60 мм в геометрическом цен-

тре плит. Разрушение опытных образцов плит производилось ступенями до разрушения. Полученные, в ходе испытания, данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Влияние процентного содержания отходов стеклосетки на прочность и перемещение при продавливании цементных плит

Номер образца	Содержание отходов стеклосетки, %	Нагрузка, кН	Перемещение, мм
1	0	1,01	2,764
2	10	0,11	0,012
2	10	0,21	0,164
2	10	0,33	0,302
2	10	0,44	0,395
2	10	0,54	0,469
2	10	0,95	0,748
2	10	1,22	0,829
2	10	1,45	0,973
2	10	1,74	1,117
3	20	0,1	0,014
3	20	1,06	2,007
4	30	0,56	0,499
4	30	1,27	1,207

По полученным данным построен график, который отражает зависимость нагрузки и перемещений в зоне пластических деформаций исследуемых образцов плит (рис. 3).

Разрушение образцов без стеклосетки имеет хрупкий характер. Добавление отходов стеклосетки меняет характер разрушения, образцы с армированием сохраняли свою форму. Было очевидно, что отходы стеклосетки активно включались в работу и не давали образцу расколоться на части. Максимальную нагрузку без образования трещин выдержал образец с армированием в количестве 10% от массы цемента. При наибольшем усилии 1,74 кН зафиксировано наименьшая величина перемещения, которая составила 1,117 мм. Дальнейшее увеличение количества отходов стеклосетки до 20% и 30% от массы цемента не приводило к увеличению прочности образцов.

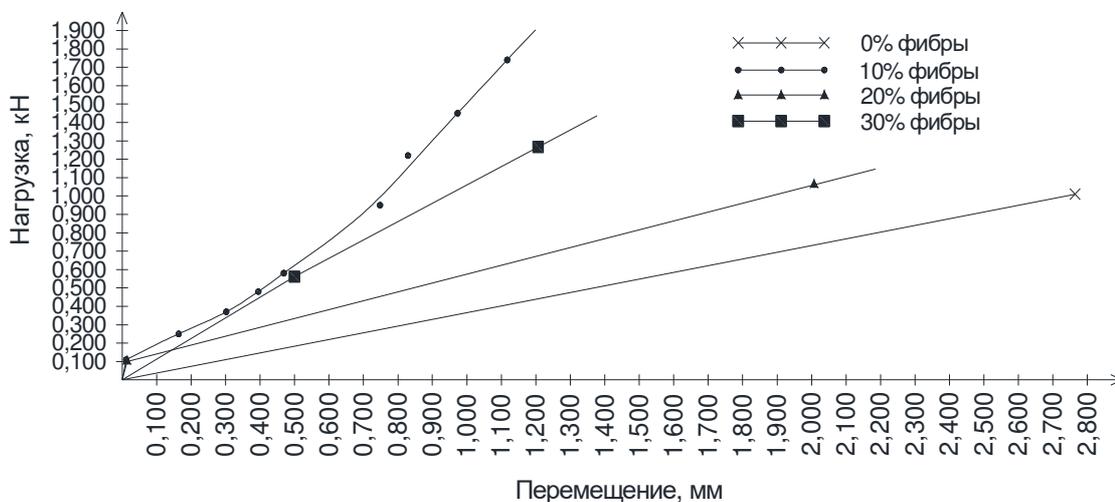


Рисунок 3. – Зависимость перемещений от нагрузки на штамп в центре плит

Таким образом, экспериментально установлено:

1. Прочность пенобетонов на сжатие увеличивается на 42,9% при армировании отходами стеклосетки в количестве 1% от массы цемента. Дисперсное армирование пенобетонов отходами щелочестойкой стеклосетки изменяет характер разрушения образцов, делая его менее хрупким.

2. Дисперсное армирование цементных плит отходами стеклосетки увеличивает прочность на продавливание на жестком основании. Оптимальное содержание отходов стеклосетки составляет 10% от массы цемента.

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. Парфёнова, Л.М. Физико-механические свойства бетонов с полиакрилонитрильными волокнами / Л.М. Парфёнова, М.С. Качан // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2011. – С. 30–34

4. Макаричев, В.В. О ячеистом бетоне, армированном волокнами / В.В. Макаричев // Фибробетон и его применение в строительстве. – 1979. – С. 28–33.

5. 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.

6. Калугин, И.Г. Пенобетоны дисперсно-армированные базальтовым волокном : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / И.Г. Калугин ; Красноярск, 2011. – 22 с.

7. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам : ГОСТ 10180-2012. – Введ. 07.01.13. – М. : Стандартинформ, 2013. – 36 с.

8. Карпов, Б.Н. Сборные многокомпонентные дорожные покрытия / Б.Н. Карпов. – Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/sbornye-mnogokomponentnye-dorozhnye-pokrytiya>. – Дата доступа: 20.11.2017.

9. Хватынец, В.А. Техногенные отходы литейного производства – эффективное сырье для приготовления смесей, используемых в укрепленных основаниях автомобильных дорог / В.А. Хватынец, Н.А.Аверченко, Д.Н. Шабанов // Автомобильные дороги и мосты. – 2015. – № 2. – С. 47–51.

10. Высоцкий, Ю.Д. Опыт эксплуатации сборных силикатобетонных дорожных покрытий / Ю.Д. Высоцкий // Автомобильные дороги. – 1972. – № 12. – С. 20–21.