

3. Койтер В.Т. Устойчивость и закритическое поведение упругих систем //Механика. Периодич. сб. пер. иностр. лит. -М.: ИЛ, 1960. -N5. -С. 99-110.
4. Вайнберг М.М., Треногин В.А. Теория ветвления решений нелинейных уравнений. -М.: Наука, 1969. -527 с.
5. Хатчинсон Дж.В., Койтер В.Т. Теория послекритического поведения конструкций //Механика. Периодический сборник переводов иностранных статей. - М.: Мир, 1971. -N3. -С.131-149.
6. ГОСТ 27751-88 (СТ СЭВ 384-87). Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. Введ. с 01.07.88. -М.: Изд-во стандартов, 1988. -9 с.
7. Совершенствование нормирования расчета строительных конструкций и оснований. Райзер В.Д., Бать А.А., Отставнов В.А., Сухов Ю.Д. //Строит. механика и расчет сооружений, 1988. -N3. -С.59-61.
8. Броуде Б.М., Бельский Г.И., Беляев Б.И. О потере устойчивости как предельном состоянии стальных конструкций //Строит. механика и расчет сооружений. -1990. -N3. -С.88-91.
9. Ключников В.Д. Устойчивость упруго-пластических систем. - М.: Наука, 1980.- 249 с.
10. Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики.- М.: Стройиздат, 1978. - 208 с.
11. Муртазалиев Г.М. Методы теории катастроф в задачах устойчивости оболочек. Махачкала ИПЦ ДГТУ, Махачкала, 2004 год.- 176 с.

УДК 691.32

Жуков А.З., Хаджишалапов Г.Н., Хежеев Т.А., Хежеев Х.А.

ЖАРОСТОЙКИЕ ФИБРОВЕРМИКУЛИТОБЕТОННЫЕ КОМПОЗИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА

Zhukov A.Z., Khadzhishalapov G.N., Khezhev T.A., Khezhev KH.A.

THE HIGH-TEMPERATURE (OXIDATION-RESISTANT) FIBROVERMIKULITOBETON COMPOSITES WITH THE PUMICE APPLICATION

Разработаны жаростойкие композиты с применением портландцемента, вспученного вермикулита, вулканического пепла, базальтовых волокон. Исследованы составы и свойства вермикулитобетонных композитов. Получены математические модели зависимости прочности жаростойких фибровермикулитобетонных композитов от процента армирования и отношения длины волокон к их диаметру.

Ключевые слова: жаростойкие свойства, портландцемент, вспученный

вермикулит, вулканический пепел, базальтовые волокна.

High-temperature (oxidation-resistant) composites with the application of portland cement, distended vermiculite, pumice, basaltic fibers are developed. Are investigated compositions and properties of the vermiculitobeton composites. Are obtained the mathematical models of the dependence of the strength of the high-temperature (oxidation-resistant) fibrovermiculitobeton composites on the percentage of reinforcement and ratio of fiber length to their diameter.

Key words: *high-temperature (oxidation-resistant) properties, portland cement, the distended vermiculite, pumice, basaltic fibers.*

В тепловых агрегатах все большее применение находят легкие жаростойкие конструкционные и теплоизоляционные бетоны. В таких бетонах в качестве легких заполнителей в основном применяются искусственные материалы: керамзит, вспученные перлит и вермикулит, аглопорит, фосфорит и другие. Тонкомолотыми добавками в таких составах служат молотые шамот, хромит, глинозем и другие [1].

Преодоление недостатков жаростойких бетонов и изделий возможно в результате создания композитов с использованием активных минеральных добавок и дисперсного армирования. В качестве активной минеральной добавки и заполнителя в вермикулитобетонных композитах могут служить вулканические пеплы, которые не требуют помола и имеют более стабильные характеристики по сравнению со шлаками металлургической промышленности, золами и шлаками ТЭЦ.

В исследованиях для разработки жаростойких вермикулитобетонных композитов применялись: вулканический пепел фракции 0-0,14 мм Заюковского месторождения; вспученный вермикулит Санкт-Петербургской слюдяной фабрики фракции 0,16-5 мм с насыпной плотностью 150 кг/м³; портландцемент ПЦ500-ДО производства ЗАО «Белгородский цемент».

Для дисперсного армирования композита применялось базальтовое волокно производства ОАО «Ивотстекло» марки РНБ-9-1200-4с. Выбор базальтового волокна можно объяснить следующими причинами: наличие больших запасов базальта, диабазы, габбродорелита для производства базальтовых волокон во многих регионах страны является предпосылкой для массового применения в строительстве; экологическая безопасность их применения; более высокий модуль упругости и низкая себестоимость базальтовых волокон по сравнению со стеклянными; более высокая термостойкость и щелочестойкость базальтовых волокон по сравнению со стеклянными волокнами из алюмоборосиликатного состава.

Вермикулитобетонные образцы размерами 4x4x16 см формовали на стандартной виброплощадке. Приготовление смеси осуществляли в бетономешалке принудительного действия. Вермикулит вводился в предварительно приготовленную смесь портландцемента, пепла и воды. Подвижность вермикулитобетонной смеси всех составов, определяемая по погружению эталонного конуса, для изготовления образцов равнялась 3-5 см. Твердение образцов проходило в

воздушно-сухих условиях. Перед испытаниями образцы высушивались до постоянной массы при $t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сушильном шкафу.

Таблица 1 - Физико-механические свойства вермикулитобетонов

№ сос- та- вов	Це- мент: верми- кулит по объ- ему	До- бав- ка пеп- ла	Свойства вермикулитобетона								
			средняя плотность, кг/м ³			предел прочно- сти при изгибе (МПа) в возрасте 28 сут			предел прочно- сти при сжатии (МПа) в воз- расте 28 сут		
			температура нагрева, $^{\circ}\text{C}$			температура нагрева, $^{\circ}\text{C}$			температура нагрева, $^{\circ}\text{C}$		
			22	105	800	105	600	800	105	600	800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1:2	–	950	937	839	3,4	2,6	2,3	11,0	8,1	7,3
2	1:2	+	957	930	849	3,1	2,7	2,4	9,4	7,7	7,1
3	1:3	–	796	746	684	2,7	1,8	1,3	6,5	5,1	4,6
4	1:3	+	804	762	703	2,5	1,7	1,4	5,9	4,8	4,4
5	1:4	–	684	643	525	1,6	1,3	1,2	3,4	2,6	2,3
6	1:4	+	664	625	495	1,4	1,1	1,0	3,1	2,5	2,2

Исходя из результатов ранее проведенных экспериментов [2] вулканическим пеплом заменяли до 30 % портландцемента в вермикулитобетоне.

Результаты исследований свойств вермикулитобетонов на портландцементе ПЦ500-Д0 без добавок и с добавками вулканического пепла приведены в табл. 1.

Из таблицы 1 следует, что добавка вулканического пепла к цементу не оказывает заметного влияния на среднюю плотность вермикулитобетона. В портландцемент ПЦ500-ДО можно вводить до 30 % пепла размерами зерен до 0,14 мм без существенного уменьшения прочности на сжатие и изгиб вермикулитобетона образцов нормального твердения, что обусловлено гидравлической активностью мелкодисперсных частиц.

После нагрева образцов до 600 $^{\circ}\text{C}$ и 800 $^{\circ}\text{C}$ прочности вермикулитобетонов без добавок и с добавкой пепла примерно одинаковы. Процент снижения прочности вермикулитобетонных образцов с добавкой пепла меньше.

Разработанные вермикулитобетонные композиты имеют такие недостатки как хрупкость, относительно низкая прочность на изгиб и сжатие. Для получения композитов с улучшенными прочностными и жаростойкими характеристиками было исследовано влияние параметров фибрового армирования базальтовыми волокнами на их свойства с применением ротатбельного плана второго порядка типа правильного шестиугольника.

Состав исходной бетонной матрицы и ее физико-механические свойства для армирования базальтовыми волокнами приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Соотношение компонентов в смеси и физико-механические свойства вермикулитобетонного композита

Соотношение компонентов в смеси, мас. %		Средняя плотность, ρ, кг/м ³	Предел прочности в возрасте 28 сут при температуре нагрева 600 °С, МПа	
Цемент : вермикулит по объему	пепел		на сжатие	на изгиб
			4	5
1	2	3	4	5
1:4	+	605	2,2	1,4

В качестве исследуемых факторов были приняты основные параметры дисперсного армирования: X_1 – процент армирования по объему μ_v , %; X_2 – отношение длины волокон к их диаметру l/d . В качестве параметров оптимизации рассматривались: Y_1 – предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа; Y_2 – предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа. Матрица эксперимента имеет следующий вид (табл. 3).

Таблица 3 - Матрица эксперимента

№ п/п	Натуральные переменные		Матрица эксперимента				
	x_1	x_2	X_1	X_2	X_1^2	X_2^2	$X_1 X_2$
1	0,30	1444	-1	0	+1	0	0
2	0,9	1444	+1	0	-1	0	0
3	0,75	2221	+0,5	+0,87	+0,25	+0,75	+0,43
4	0,75	667	+0,5	-0,87	+0,25	+0,75	-0,43
5	0,45	2221	-0,5	+0,87	+0,25	+0,75	-0,43
6	0,45	667	-0,5	-0,87	+0,25	+0,75	+0,43
7	0,6	1444	0	0	0	0	0

Результаты эксперимента приведены в табл. 4 и 6.

Таблица 4 - Результаты испытания образцов на сжатие

№ п/п	Значения параллельных измерений функции отклика Y_1 , МПа						Среднее значение Y_1 , МПа	Дисперсия S_j^2	Коэффициент вариации, %
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6			
1	2,65	2,70	2,55	2,50	2,70	2,60	2,60	0,01	0,03
2	2,50	2,60	2,40	2,45	2,50	2,35	2,50	0,01	0,04
3	2,05	2,00	2,10	2,15	2,20	2,10	2,10	0,01	0,03
4	1,95	1,90	2,00	2,05	1,90	1,92	1,90	0,00	0,03
5	2,30	2,20	2,45	2,50	2,20	2,30	2,30	0,02	0,05
6	2,40	2,45	2,25	2,30	2,45	2,35	2,40	0,01	0,03
7	2,70	2,75	2,85	2,90	2,60	2,75	2,80	0,01	0,04

Таблица 5 - Результаты испытания образцов на изгиб

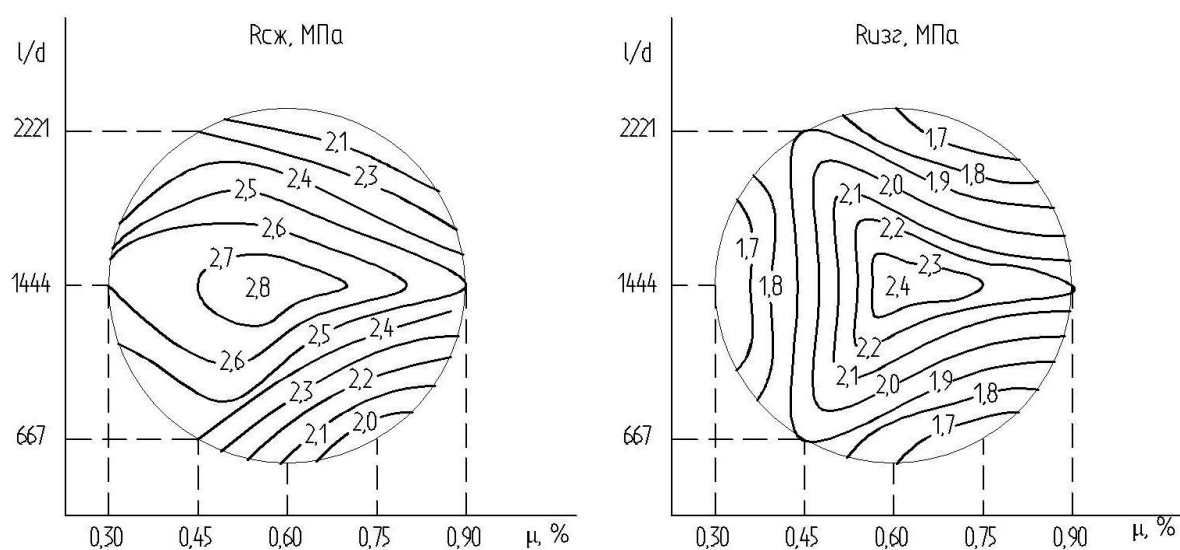
№ п/п	Значения параллельных измерений функции отклика Y_2 , МПа						Среднее значение Y_2 , МПа	Диспер- сия S_j^2	Кoeffици- ент вариа- ции, %
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6			
1	1,40	1,30	1,45	1,30	1,35	1,38	1,40	0,00	0,04
2	2,30	2,10	2,20	2,25	2,20	2,25	2,20	0,00	0,03
3	1,60	1,50	1,65	1,70	1,60	1,50	1,60	0,01	0,05
4	1,60	1,65	1,60	1,70	1,75	1,50	1,60	0,01	0,05
5	1,95	2,10	1,80	1,75	1,70	1,90	1,90	0,02	0,08
6	1,97	1,90	1,75	2,00	1,90	1,90	1,90	0,01	0,05
7	2,40	2,50	2,30	2,35	2,40	2,40	2,40	0,00	0,03

После обработки экспериментальных данных получены следующие уравнения регрессии в кодированном виде:

$$Y_1 = 2,8 - 0,15X_1 + 0,03X_2 - 0,25X_1^2 - 0,75X_2^2 + 0,17X_1X_2;$$

$$Y_2 = 2,4 + 0,17X_1 - 0,6X_1^2 - 0,67X_2^2.$$

По уравнениям регрессии построены поверхности отклика (рис. 1).

**Рисунок 1** - Поверхности отклика:

$R_{сж}$ – предел прочности на сжатие, МПа; $R_{изг}$ – предел прочности при изгибе, МПа; l/d – отношение длины волокон к их диаметру; μ_v – процент армирования по объему

Анализ полученных уравнений и поверхностей отклика показал, что наибольшие значения прочности на сжатие наблюдаются в области плана с $\mu_v \approx 0,45 - 0,75\%$ и $l/d = 1444$, а прочности на изгиб – $\mu_v \approx 0,6 - 0,75\%$ и $l/d = 1444$. Дальнейшее увеличение процента армирования приводит к снижению прочности, что объясняется нарушением структуры фибровермикулитобетонного ком-

позита.

Вывод.

Таким образом, применение разработанных жаростойких фибровермикулитобетонных композитов позволяет существенно сократить расход портландцемента при одновременном повышении их прочностных и жаростойких свойств.

Библиографический список

1. Некрасов К.Д., Масленникова М.Г. Легкие жаростойкие бетоны на пористых заполнителях. – М. – Стройиздат – 1982. – 152 с.
2. Хежев Т.А., Кимов У.З., Думанов К.Х. Огнезащитные и жаростойкие свойства цементных бетонов на основе вулканических горных пород / Вестник ВолГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. – Волгоград. – №28 (47). – 2012. – С. 196-201.
3. Курбанов Р.М., Хаджишалапов Г.Н., Хежев Т.А. // Исследование жаростойкого бетона на основе базальтового заполнителя для обетонирования металлических конструкций// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Махачкала № 31 (4) 2013, 61 стр.

УДК 691.32

Муртазаев С-А.Ю., Нахаев М.Р., Харченко И.Я.

ИНЪЕКЦИОННОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ Г. ГРОЗНЫЙ ОСОБО ТОНКОДИСПЕРСНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ТИПА «МИКРОДУР»

Murtazaev S-A.Y., Nahaev M.R., Kharchenko I.J.

INJECTING FASTENING LOESS SOILS GROZNY FINE PARTICULATE MATTER SUCH AS «MIKRODUR»

Работа посвящена актуальной проблеме разработки и внедрения эффективных способов повышения несущей способности оснований зданий и сооружений путем пропитки грунтов особо тонкодисперсными вяжущими веществами типа «Микродур», превращая его в конструктивный элемент сооружения.

В статье показано, что использование тонкодисперсного вяжущего вещества позволяет повысить противифльтрационные свойства укрепляемых массивов, стойкость к различным агрессивным воздействиям, твердение в условиях отрицательной температуры, скорость набора прочности и т.д.

Ключевые слова: *основание здания, закрепление грунтов, несущая способность грунтовых оснований, особо тонкое дисперсное вяжущее, микродур,*