

Оценка влияния параметров армирования на свойства фибровермикулитобетонного композита

С.Х. Байрамуков^{1,2}, З.Н. Долаева^{1,2}, Р.Н. Башлаев¹, И.М. Байрамкулов¹

¹Северо-Кавказская государственная академия, Черкесск

²Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт, Невинномысск

Аннотация: Исследованы свойства фибровермикулитобетонного композита. Анализ результатов показал, что армирование базальтовыми волокнами матрицы повышает огнестойкость. Показано, что, если в состав предложенной смеси ввести базальтовые волокна, то огнестойкость и прочность матрицы повышается и, соответственно, толщину защитного слоя, подверженного воздействию огня можно уменьшить. Когда соотношение длины волокон к диаметру составляет 1440, а процент армирования - 0,88 %, достигаются наибольшие значения прочности на изгиб.

Ключевые слова: композит, базальтовая фибра, армирование, вермикулитобетон, дисперсное, прочность, изгиб, огнезащитные свойства, сжатие, матрица, толщина, процент армирования.

Существенное влияние на свойства вермикулитобетонов оказывает последовательность загрузки компонентов смеси. Принято 2 способа приготовления смеси [1].

1 способ: загружали одновременно воду с добавкой СДО и всухую перемешанную смесь всех компонентов, а 2 способ - воду с добавкой СДО и всухую перемешанную смесь компонентов, кроме вермикулита, после приготовления такой смеси вводили вермикулит и доводили до готового состояния.

Оценка влияния способа приготовления смеси на прочность образца, изготовленного методом литья показано в таблице 1. Средняя плотность равную 540-560 кг/м³ имели композиты с процентом армирования базальтовыми волокнами по объему $\mu_v \approx 0,46\%$ и отношением длины волокон к диаметру $l/d=1440$ [1- 3].

Таблица 1

Влияние способа приготовления смеси на $R_{сж}$ и $R_{изг}$

Способ	Компоненты в смеси, мас. %						Вода /вяж.	$R_{сж}$, МПа	$R_{изг}$, МПа
	Цемент	Вермикулит	Пепел, $d < 0,14$ мм	Известь	Гипс	СДО			
1	19,8	37,9	21,9	19,4	0,9	0,1	1,35	1,64	1,33
2	19,8	37,9	21,9	19,4	0,9	0,1	1,35	1,89	1,49

Оценка влияния на прочностные характеристики композита способа формирования производился для методов вибрирования на виброплощадке и литья. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние способа формирования $R_{сж}$ и $R_{изг}$

Способ	Компоненты в смеси, мас. %						Вода/Вязущее	$R_{сж}$, МПа	$R_{изг}$, МПа
	Цемент	Вермикулит	пепел, $d < 0,14$ мм	известь	гипс	СДО			
Литьевой	19,8	37,9	21,9	19,4	0,9	0,1	1,15	1,44	1,28
Вибрирование	19,8	37,9	21,9	19,4	0,9	0,1	1,35	1,89	1,49

Как видно из таблиц 1 и 2, в отличие от литьевого способа, при применении метода вибрирования прочность композита повышается в 1,12 - 1,31 раза.

Огнезащитные свойства композита повышаются при наличии базальтовой фибры за счет лучшей их сохранности при воздействии высоких температур [1,4,5]. Результаты исследования физико-механических свойств

цементных вермикулитобетонов, армированных базальтовыми волокнами, приведены в табл. 2, 3, 4. Расход пепла ($d < 0,14$ мм) принимали, равным 30 % от массы цемента [2, 6,7].

Таблица №3

Значения ρ_{cp} композита, армированного волокнами равномерно по объему

№	μ_v	l/d	ρ_{cp} , кг/м ³		
			t_n , °C		
			107	600	800
1	–	–	688	647	642
2	0,31	1440	662	626	624
3	0,92		643	613	607
4	1,52		627	595	593
5	0,32		593	557	547
6	0,66		583	564	546
7	1,03		577	557	554
8	1,54		574	554	548

Как видно из таблиц 1 и 2, в отличие от литьевого способа при применении метода вибрирования прочность композита повышается в 1,12 - 1,31 раза.

Таблица 4

Значения ρ_{cp} композита, армированного волокнами равномерно по объему

№	μ_v	l/d	ρ_{cp} , кг/м ³		
			t_n , °C		
			107	600	800
1	–	–	688	647	642
2	0,31	1440	662	626	624
3	0,92		643	613	607
4	1,52		627	595	593
5	0,32		593	557	547
6	0,66		583	564	546
7	1,03		577	557	554
8	1,54		574	554	548

Огнезащитные свойства композита повышаются при наличии базальтовой фибры за счет лучшей их сохранности при воздействии высоких

температур [1,3,4]. Результаты исследования физико-механических свойств цементных вермикулитобетонов, армированных базальтовыми волокнами, приведены в табл. 2, 3, 4. Расход пепла ($d < 0,14$ мм) принимали, равным 30 % от массы цемента [7-9].

Таблица 5
Значения $R_{изг}$ (МПа) композита, армированного волокнами равномерно по объему

№	$R_{изг}$ (МПа) (возраст 28 сут.)		
	При естественном твердении	$t_n, ^\circ\text{C}$	
		600	800
1	1,72	1,36	1,32
2	2,41	2,07	2,03
3	2,58	2,02	1,95
4	2,42	2,01	2,02
5	1,67	1,48	1,41
6	2,02	1,86	1,83
7	1,95	1,81	1,77
8	1,81	1,62	1,52

Таблица 6
Значения $R_{сж}$ (МПа) композита, армированного волокнами равномерно по объему

№	$R_{сж}$ (МПа) (возраст 28 сут.)		
	При естественном твердении	$t, ^\circ\text{C}$	
		600	800
1	3,71	3,01	3,02
2	4,32	3,76	3,72
3	4,43	3,92	3,82
4	4,22	3,71	3,61
5	3,11	2,63	2,55
6	3,02	2,61	2,56
7	2,91	2,52	2,44
8	2,82	2,43	2,33

Армирование вермикулитобетонного композита базальтовыми волокнами повышает их прочностные характеристики при нагреве до 600°C и 800°C . Наибольшие значения прочности на изгиб достигаются при соотношении $l/d = 1440$ и $\mu_v \approx 0,67 - 0,88$ %, а прочности на сжатие, когда l/d

=1440 и $\mu_v \approx 0,32-0,48$ %.

Результаты исследований предложенного состава на огнестойкость приведены на рис. 1 и 2 [9-10].

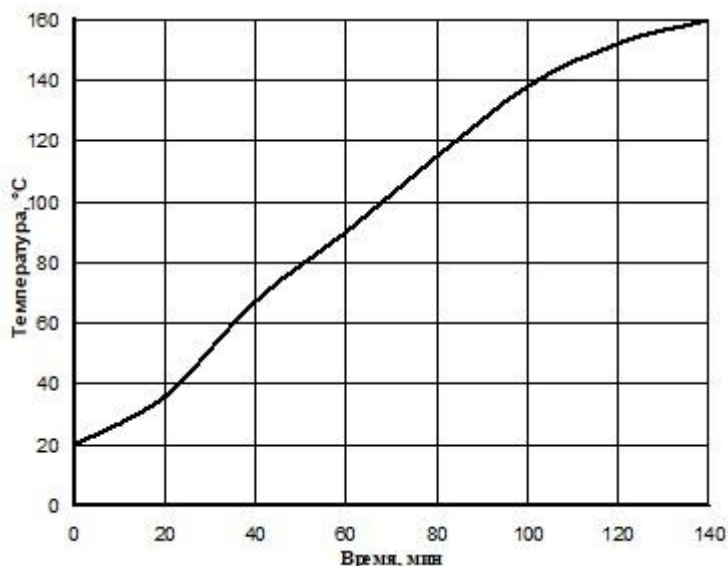


Рис. 1. - Диаграмма температуры на необогреваемой поверхности образцов

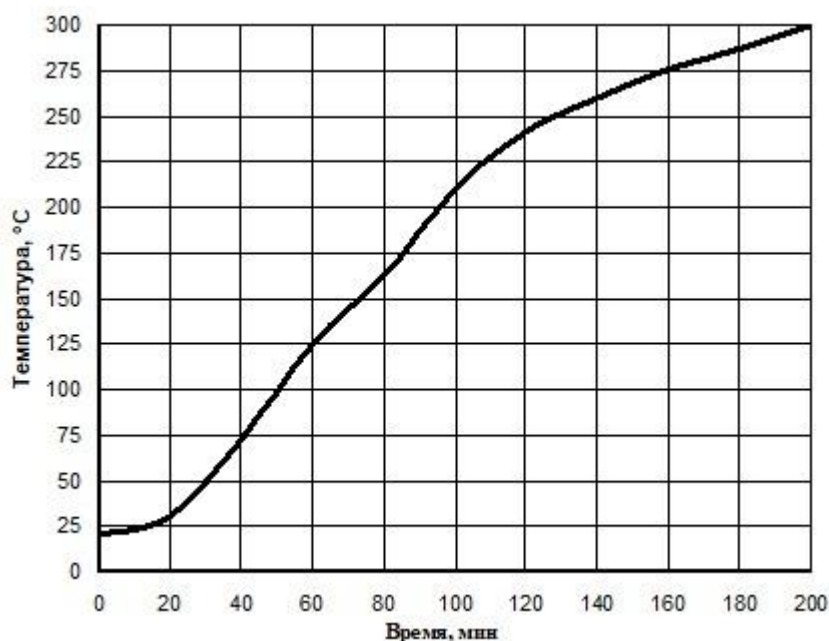


Рис. 2. - Диаграмма температуры на уровне тканой сетки образцов

Выводы.

1. Выявлено, что существенно увеличивается огнестойкость и прочность предложенного состава, армированного базальтовыми волокнами

равномерно по объему. При этом появляется возможность снижения толщины огнезащитного слоя до 20%.

2. При соотношении $l/d=1440$ и проценте армирования 0,67-0,88 %, достигаются наибольшие значения прочности на изгиб, а прочности на сжатие, наблюдается, когда μ_v колеблется в диапазоне от 0,32% до 0,48% и $l/d = 1440$.

Литература

1. Байрамуков С.Х., Басов Е.Д., Боровков А.В., Долаева З.Н. [и др.] Проблемы и перспективы развития строительного комплекса и машиностроения: монография. Невинномысск: ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», 2018. 155 с.

2. Хежев Т.А., Жуков А.З., Журтов А.В., Гулиев М.И., Хежев А.Л., Глашев А.Х. Жаростойкие фиброармированные композиты на основе вулканической пемзы // Инженерный вестник Дона. – 2016. - №2. - URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3582.

3. Некрасов К.Д., Масленникова М.Г. Легкие жаростойкие бетоны на пористых заполнителях. М.: Стройиздат, 1982. 152 с.

4. Бессонов И.В., Ялунина О.В. Экологические аспекты применения гипсовых строительных материалов // Строительные материалы. - 2004. - № 4. - С. 11-14.

5. Yang M., Ma F., Pu Y., Zhi Y. Response of carbon-basalt hybrid fiber reinforcement polymer under flexural load. Materials Research Express. 2018. Т. 5. № 8. P. 085602.

6. Карпов В.В., Коробейников А.В., Малышев В.Ф., Фролькис В.А. Математическая обработка эксперимента и его планирование. М.: АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 1998. 100 с.

7. Хежев Т.А., Жуков А.З., Хежев Х.А. Огнезащитные и жаростойкие вермикулитобетонные композиты с применением вулканического пепла и

пемзы // Инженерный вестник Дона, 2015. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2902

8. Перфилов В.А. Легкий жаростойкий фибробетон // Известия вузов. Строительство. 2008. № 9. С. 23–25.

9. Zhu M., Ma J. Basalt fiber modified with lanthanum-ethylenediaminetetraacetic acid as potential reinforcement of cyanate matrix composites. Applied Surface Science. 2019. Т. 464. Pp. 636-643.

10. Моисеев А.А. Факторное планирование в последовательной оптимизации // Промышленные АСУ и контроллеры. 2020. № 9. С. 53-63.

References

1. Bayramukov S.H., Basov E.D., Borovkov A.V., Dolaeva Z.N. [i dr.] Problemy i perspektivy razvitija stroitel'nogo kompleksa i mashinostroeniya: monografija [Problems and prospects for the development of the construction complex and engineering]. Nevinnomyssk: GAOU VO «Nevinnomysskij gosudarstvennyj gumanitarno-tehnicheskij institut», 2018. 155 p.

2. Hezhev T.A., Zhukov A.Z., Zhurtov A.V., Guliev M.I., Hezhev A.L., Glashev A.H. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016. №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3582.

3. Nekrasov K.D., Maslennikova M.G. Legkie zharostoykie betony na poristyx zapolnitelyakh [Light heat-resistant concrete on the porous fillers]. M.: Stroyizdat, 1982. 152 p.

4. Bessonov I.V., Jalunina O.V. Stroitel'nye materialy. 2004. № 4. Pp.11-14.

5. Yang M., Ma F., Pu Y., Zhi Y. Materials Research Express. 2018. Т. 5. No 8. P. 085602.



6. Karpov V.V., Korobejnikov A.V., Malyshev V.F., Frol'kis V.A. Matematicheskaya obrabotka eksperimenta i ego planirovanie [The mathematical processing of the experimental and planning]. M.: ASV; SPbGASU, 1998. 100 p.
7. Khezhev T.A., Zhukov A.Z., Khezhev Kh.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2015/2902.
8. Perfilov V.A. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2008. № 9. pp. 23–25.
9. Zhu M., Ma J. Applied Surface Science. 2019. T. 464. Pp. 636-643.
10. Moiseev A.A. Promyshlennye ASU i kontrollery. 2020. № 9. Pp. 53-63.