

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Lovshenko, I. Physic-topological (electrical) model of a junction field effect transistor, taking into account the degradation of operational characteristics under the influence of penetrating radiation / I. Lovshenko, V. Khanko and V. Stempitsky // ITM Web of Conferences. – 2019. – Vol. 30, № 10002. – P. 8.
2. Ловшенко, И. Ю. Физико-топологическая модель полевого транзистора, учитывающая деградацию эксплуатационных характеристик при влиянии ионизирующего излучения / И. Ю. Ловшенко, В. Р. Стемпицкий, В. Т. Шандарович // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. – 2019. – Т. 2, № 4. – С. 466–475.
3. Дао Динь Ха. Исследование характеристик датчика Холла с различной геометрией активной области / Дао Динь Ха, В. Р. Стемпицкий // Нано- и микросистемная техника. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 174–186.
4. Kostrov A. Design features of analog-to-digital solutions for the tracking detector readout electronics / A. Kostrov, V. Stempitsky, A. Borovik, V. Tchekhovsky // IEEE 12th International Symposium on Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip. – 2018. – P. 52–56.
5. Baranava, M. GaN HEMT thermal characteristics evaluation using an integrated approach based on the combined use of first-principles and device simulations / M. Baranava, D. Hvazdouski, V. Volcheck, V. Stempitsky, Dao Dinh Ha, Trung Tran Tuan // 2020 ICATC, Nha Trang, Oct. 8–10, 2020. – Nha Trang, 2020. – P. 65–69.
6. Боровик, А. М. Моделирование электрических характеристик графенового полевого транзистора на основе данных расчетов из первых принципов / А. М. Боровик, М. С. Баранова, Д. Ч. Гвоздовский / Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. – 2020. – Т. 3, № 1. – С. 63–74.

УДК 691.328.43:691.544

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ НАПРЯГАЮЩИЙ БЕТОН,  
ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫЙ БАЗАЛЬТОВЫМ  
ФИБРОВОЛОКНОМ**

*К. Ю. Беломесова, н. с. научно-исследовательской части, БрГТУ*

*Резюме – представлены результаты исследований, подтверждающие эффективность применения базальтового фиброволокна в качестве армирующего компонента расширяющихся цементных систем (напрягающего бетона).*

*Resume – the results of the research confirming the efficiency of basalt fiber as a reinforcing component of expansive cement systems (self-stressed concrete) are presented.*

**Введение.** Развитие технологии цементных композитов привело к получению высокоэффективных бетонов разного функционального назначения. В отдельную группу в силу специфики структурообразования можно выделить бетоны с компенсированной усадкой и напрягающие бетоны. Расширение указанного рода композитов в условиях внешнего ограничения приводит к возникновению собственных сжимающих напряжений такой величины, что они сохраняются в бетоне конструкции даже после полного завершения усадочных процессов. При этом расширяющиеся вяжущие, выступающие как основной компонент для получения напрягающих бетонов и направленные на борьбу с усадочными явлениями, зачастую не

только не оказывают влияния на повышение прочностных показателей данных композитов, а напротив, в случае применения высокоэнергоактивных композиций (свободное расширение более 1 %) могут привести к некоторому разуплотнению структуры и, как следствие, спаду прочности.

Для нивелирования эффекта разуплотнения из-за активного расширения в такого рода системах, особенно на ранних стадиях твердения, целесообразно применение дисперсного армирования [1]. Данный вид армирования цементных систем позволяет реализовать т. н. эффект 3-D армирования путем создания пространственного каркаса за счет равномерного распределения волокон по всему объему композита.

Армирование осуществляется различного рода волокнами, из которых широкое распространение получили стальные, полипропиленовые и базальтовые. Благодаря природным свойствам, высоким прочностным показателям, высокой адгезии к цементному камню, а также высокой стойкости в щелочной среде гидратирующего цемента [1; 2] базальтовое волокно может быть выделено как один из наиболее эффективных видов волокна, применяемого для модифицирования цементных композитов.

**Основная часть.** Для определения влияния базальтового волокна на прочностные характеристики, а также собственные деформации расширяющихся вяжущих были заформованы опытные серии. Основные компоненты исследуемых серий, а также полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований

Серия	Собственные деформации		Среднее значение прочности на сжатие, МПа						Среднее значение прочности на растяжение при изгибе, МПа					
	Линейное расширение, %	Самонапряжение, МПа	Возраст образцов						Возраст образцов					
			3	$\Delta$ , %	7	$\Delta$ , %	28	$\Delta$ , %	3	$\Delta$ , %	7	$\Delta$ , %	28	$\Delta$ , %
НЦ	0,44	2,55	22,1	27,6	25,3	32,0	40,5	37,3	4,4	56,8	4,4	61,4	6,9	69,6
НЦ Ф	0,29	2,15	27,6		33,4		55,6		6,9		7,1		11,7	

*Примечание: Для экспериментальных исследований был использован состав напрягающего цемента, состоящий из портландцемента (80 %) и сульфоалюминатной расширяющейся добавки (РД) (20 %). В качестве алюминатной составляющей РД, содержащей в своем составе от 40 до 50 % оксида алюминия, был выбран высокоактивный метакаолин (ВМК). В качестве сульфатного компонента РД использован двуводный гипс (Г). Дозировка базальтового волокна составила 5 % согласно [3].*

Источник: собственная разработка.

По полученным данным, образцы серии НЦФ как в случае свободных, так в случае связанных деформаций имеют значения несколько ниже, чем у образцов партии НЦ, поскольку базальтовое волокно сдерживает рост деформаций расширения. Это связано с двумя явлениями: высокой адгезией волокна к цементной матрице (ввиду природы происхождения) и созданием пространственного каркаса, ограничивающего свободное расширение.

При этом введение базальтовой фибры в расширяющийся композит наглядно демонстрирует возможности повышения сопротивления как растягивающим, так и сжимающим напряжениям (см. таблицу 1). И если рост прочности на сжатие в проектном возрасте для образцов НЦФ составил 37 %, то прочность на растяжение при изгибе образцов с базальтовой фиброй превысила аналогичную для образцов без фибры  $\approx 70$  %.

**Заключение.** Дисперсное армирование расширяющихся систем (напрягающего бетона) базальтовым волокном позволяет решить основную проблему такого рода композитов, заключающуюся в спадах прочности (особенно на ранних стадиях). Введение базальтового волокна в расширяющиеся цементные системы (напрягающий бетон) в количестве 5 % повышает прочность на сжатие в среднем более чем на 30 %, а прочность на растяжение при изгибе в среднем более чем на 60 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович, Ф. Н. Устойчивость базальтовых волокон в среде гидратирующихся цементов / Ф. Н. Рабинович, В. Н. Зуева, Л. В. Макеева // Стекло и керамика. – 2001. – № 12. – С. 29–32.
2. Пащенко, А. А. Армирование неорганических вяжущих веществ минеральными волокнами / А. А. Пащенко [и др.]. – М.: Стройиздат, 1988. – 201 с.

УДК 537.874

### ГИБКИЕ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЕ УГЛЕСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

**О. В. Бойправ<sup>1</sup>, Е. С. Белоусова<sup>2</sup>, С. Э. Саванович<sup>3</sup>**

*<sup>1, 2</sup>доцент, <sup>3</sup>ассистент кафедры защиты информации, БГУИР*

Научный руководитель – В. А. Богуш, доктор физ.-мат. наук, профессор

*Резюме – представлена методика изготовления гибких радиопоглощающих композиционных материалов, наполнителем которых является порошкообразный активированный древесный уголь. Материалы, изготовленные в соответствии с разработанной методикой, по сравнению с аналогами характеризуются пониженной стоимостью и трудновоспламеняемостью. Экспериментальным путем установлено, что значения коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,7–17,0 ГГц таких материалов, закрепленных на металлических подложках, достигают величины –16,0 дБ, что позволяет рекомендовать использовать их в целях снижения энергии пассивных электромагнитных помех, возникающих в экранированных помещениях.*