

Вишневская Я. Ю., аспирант,  
Лесовик В.С., член-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф.,  
Алфимова Н. И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНЕЗИСА КРЕМНЕЗЕМСОДЕРЖАЩЕГО КОМПОНЕНТА

alfimovan@mail.ru

В статье рассмотрены снижения энергетических и материальных затрат при производстве изделий на основе композиционных вяжущих, изготовленных с использованием сырья различного генезиса.

**Ключевые слова:** композиционные вяжущие, кварцитопесчаник, тепловлажностная обработка, автоклавирование, генезис.

Как известно при производстве строительных материалов основная часть затрат приходится на сырьевые и топливно-энергетические ресурсы. При этом наиболее энергоемким технологическим переделом является тепловая обработка, доля которой составляет 70 % от всей затрачиваемой в процессе производства теплоты.

Из сырьевых ресурсов основной вклад в себестоимости конечной продукции вносят вяжущие, снижение затрат на которые можно достичь за счет использования тонкомолотых многокомпонентных цементов (ТМЦ) и вяжущих низкой водопотребности (ВНВ). В настоящее время разработана широкая номенклатура композиционных вяжущих (КВ), где в качестве кремнеземистого компонента применяется сырье как природного, так и техногенного происхождения [1-3]. Однако процессы структурооб-

разования композитов в условиях тепловой обработки на их основе не изучены.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что оптимизация процессов структурообразования в системе «клинкерные минералы – кремнеземсодержащая добавка – суперпластификатор – вода» за счет подбора правильного режима твердения позволит существенно снизить материальные и энергетические затраты при производстве строительных материалов на основе композиционных вяжущих.

В качестве объектов исследования кремнеземистого компонента КВ нами выбраны наиболее применяемые в настоящее время кварцевый песок и кварцитопесчаник зеленосланцевой степени метаморфизма, которые имеют не только различный химический (табл. 1) и минералогический составы, но и генезис.

Таблица 1

### Химический состав кварцсодержащих пород

Наименование кремнеземсодержащего компонента	Содержание, % по массе											
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	п.п.п
Кварцитопесчаник	92,88	1,96	0,04	2,13	0,10	0,51	1,09	0,19	0,21	-	-	0,89
Кварцевый песок	94,1	2,06	0,37	-	-	1,85	0,2	-	-	0,05	0,39	0,98

Для изучения влияния различных условий твердения на свойства композиционных вяжущих были запланированы две матрицы варьиро-

вания для каждого из видов кремнеземсодержащих компонентов (табл. 2).

Таблица 2

### Условия планирования эксперимента

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	1	
Кремнеземистый компонент, % от массы КВ	$X_1(X_1')$ *	30(70)	50(80)	70(90)	10
Температура изотермической выдержки, °С	$X_2$	55	70	85	15

\*в скобках указаны уровни варьирования для второй матрицы

Режим тепловлажностной обработки выбран в соответствии с наиболее распространенным на заводах по производству железобетонных изделий 2+3+6+2. Температура изотермической выдержки менялась от 85 до 55 °С. Образцы испытывались через сутки после пропаривания. В качестве контрольных выступали образцы на чистом портландцементе, твердеющих в аналогичных условиях.

После обработки результатов были построены номограммы зависимости прочности при сжатии КВ от вида, количества кремнеземсодержащего компонента и режимов твердения (рис. 1).

Согласно результатам исследований для ВНВ-30, ВНВ-50, ВНВ-70 температура

изотермической выдержки 70° С является оптимальной, при которой достигаются наибольшие прочностные показатели, в то время как для образцов на ВНВ-10 и ВНВ-20 наибольшие показатели прочности достигаются при температуре изотермической выдержки 85° С (рис. 1, б). Это объясняется тем, что увеличение удельной поверхности до 500 м<sup>2</sup>/кг приводит к активации компонентов вяжущего и росту новообразований в ранние сроки твердения, повышение температуры изотермической выдержки до 85° С приводит к их перекристаллизации и как следствие к снижению прочности.

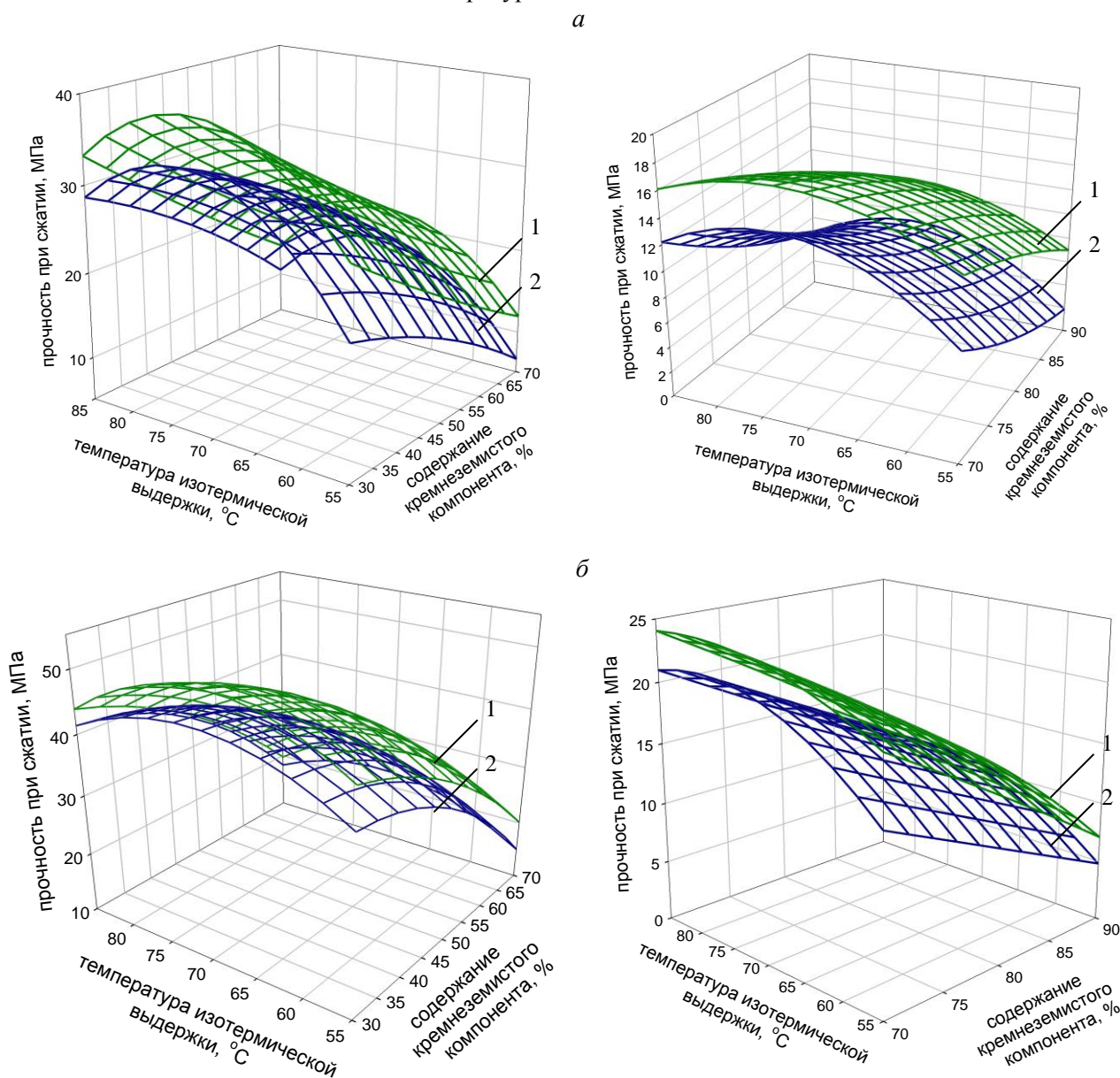


Рисунок 1. Прочность при сжатии ТМЦ (а) и ВНВ (б) в зависимости от условий твердения и количества и вида кремнеземсодержащего компонента: 1 – кварцитопесчаник; 2 – кварцевый песок

Подобные результаты получены и на ТМЦ, но прочностные показатели ниже, что объясняется положительным влиянием суперпластификатора (рис. 1, а).

Так же были проведены исследования влияния гидротермальной обработки совместно с повышенным давлением, на свойства композиционных вяжущих (рис. 2). Было установлено, что для ТМЦ-50 и ТМЦ-70 прочность в сравне-

нии с образцами твердевших в нормальных условиях увеличилась на 40–60 %, это объясняется ростом новых гидросиликатов, в образовании которых участвует кремнеземсодержащих компонент. При этом портландцемент прошедший автоклавную обработку дал сброс прочности по сравнению с твердеющим в нормальных условиях на 40 %.

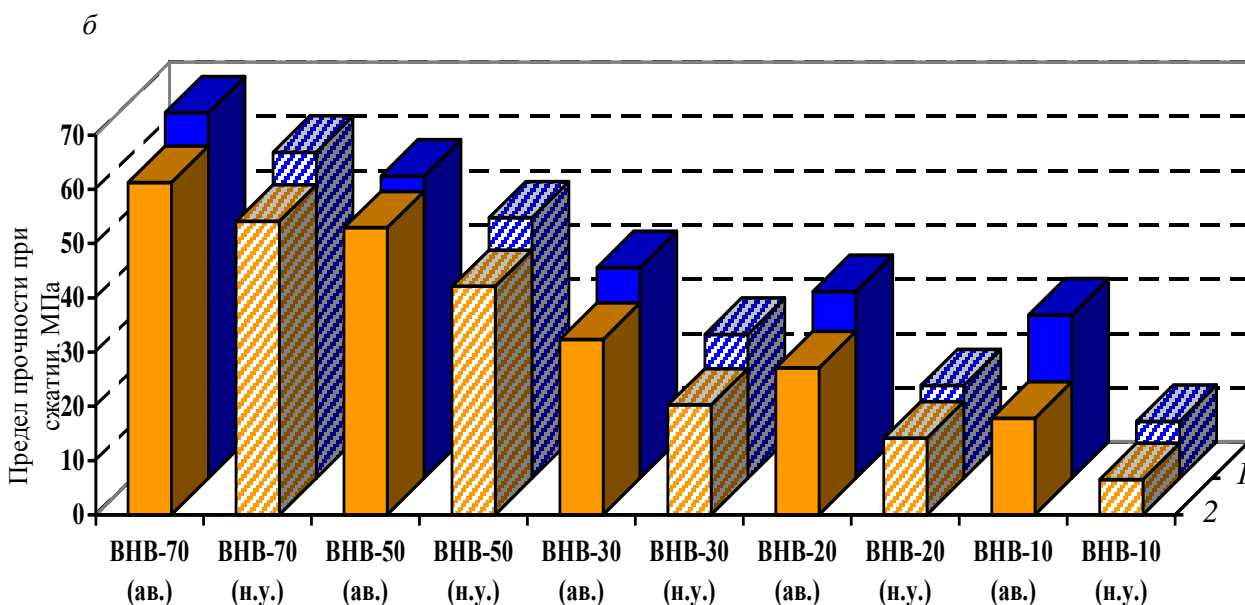
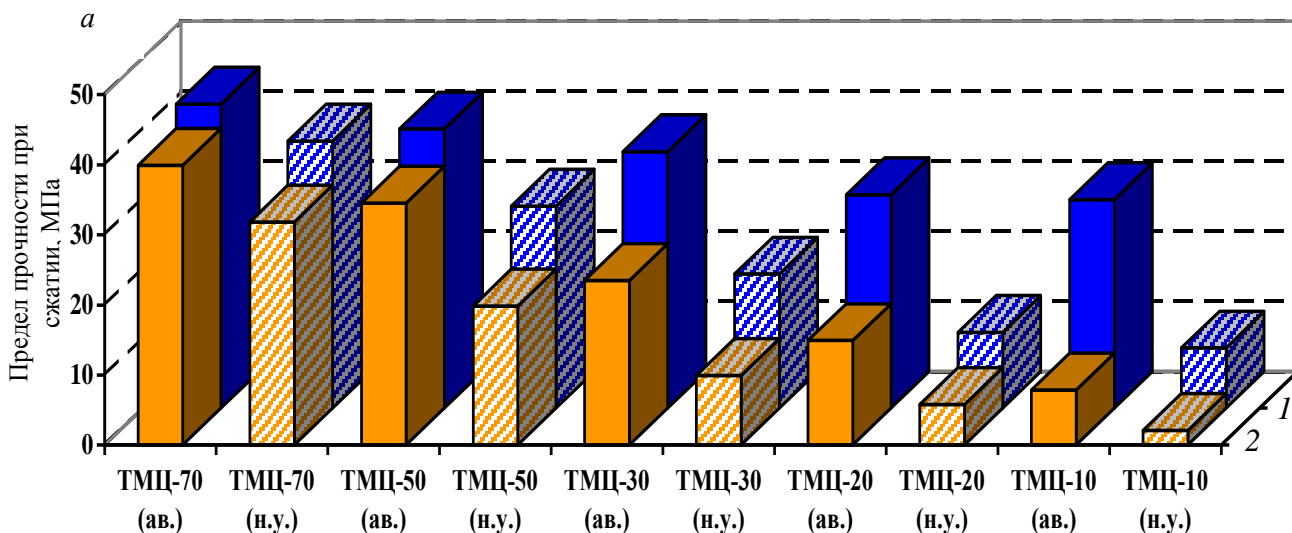


Рисунок 2. Зависимость прочности при сжатии ТМЦ (а) и ВНВ (б), твердеющих в тепловлажностных условиях при повышенном давлении, от вида и количества кремнеземсодержащего компонента:

1 – кварцитопесчаник; 2 – кварцевый песок

Анализ фотографий микроструктуры показал, что структура композиционных вяжущих, прошедших автоклавную обработку, отличается более плотной матрицей, состоящей из низкоосновных пластинчатых гидросиликатов группы тоберморитов (рис. 3, в).

Данные РЭМ подтверждаются результатами термического анализа, согласно которым

наибольшее связывание портландита происходит в гидротермальных условиях при повышенном давлении, о чем свидетельствует уменьшение площади эндотермического пика на деривотограмме в интервале температур 470–510 °С (рис. 4).

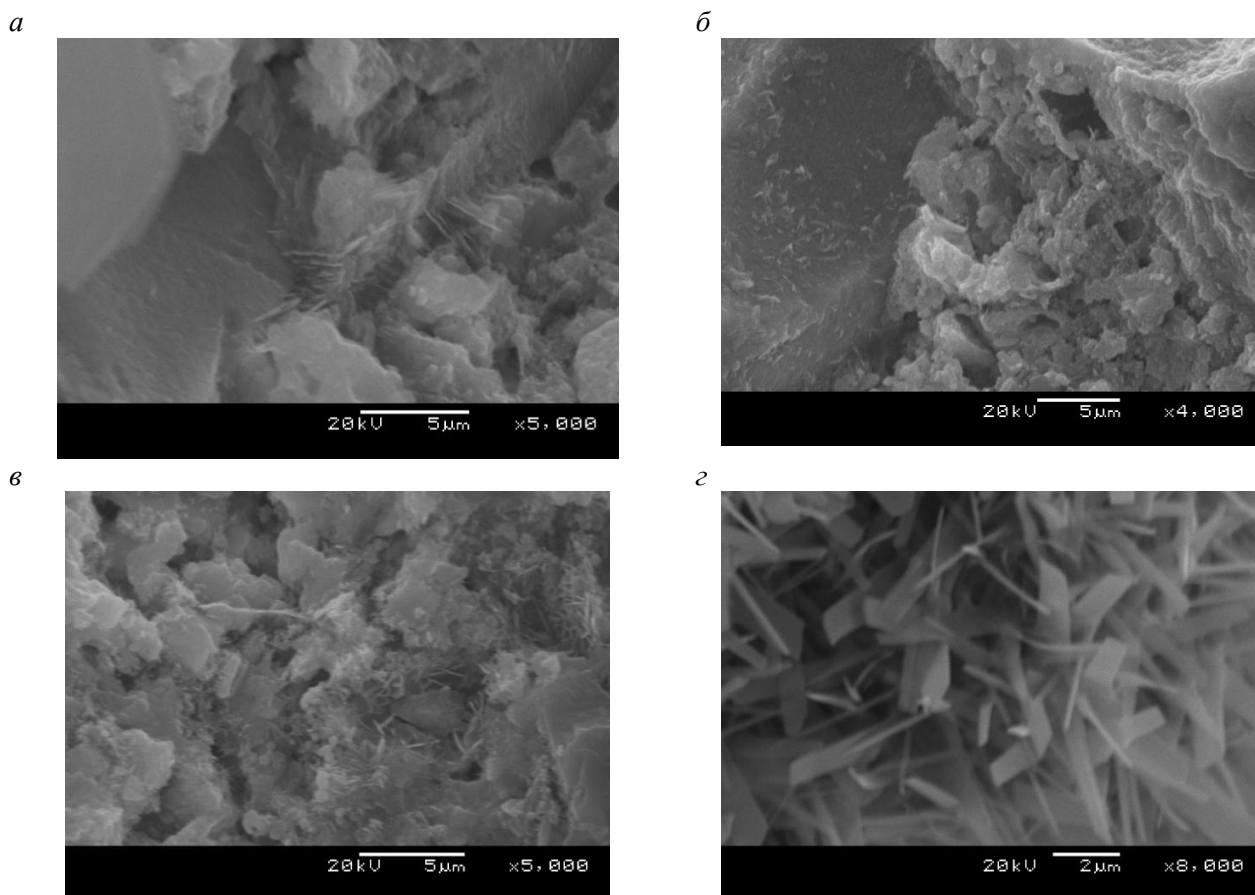


Рисунок 3. Характер новообразований ТМЦ-70 на кварцевом песке в зависимости от условий твердения: а – нормальные условия; б – ТВО 70° С; в – ТВО 85° С; г – автоклавная обработка

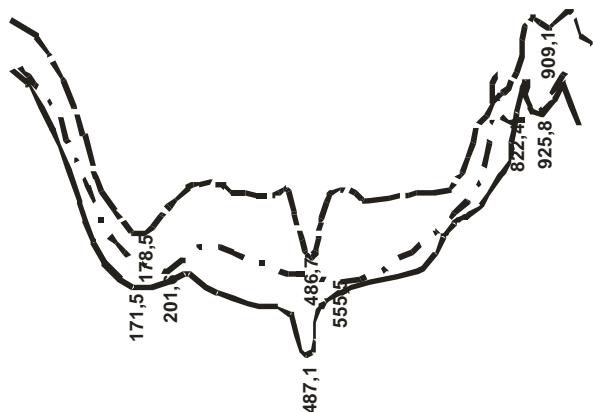


Рисунок 4. ДТА ТМЦ-70 на кварцевом песке:  
 ---- нормальные условия; — ТВО при  $T_{из}=85^{\circ}C$ ;  
 - · - автоклавная обработка

Стоит так же отметить, что КВ изготовленные с использованием кварцитопесчанника, вне зависимости от условий твердения, отличаются большими показателями прочности в сравнении с композиционными вяжущими с использованием кварцевого песка, что объясняется типоморфными особенностями первого, дефектностью его кристаллической решетки, наличием газовых включений, флюидов и минералообразующей среды, т.е. кварцитопесчанник является генетически активированным сырьем.

Таким образом, можно сделать вывод, что правильный подбор условий и режима твердения позволит оптимизировать процессы структурообразования композиционных вяжущих, изготовленных с использованием кремнеземсодержащего сырья различного генезиса, что в свою очередь приведет к сокращению материальных и энергетических затрат, за счет снижения расхода клинкерной составляющей и температуры изотермической выдержки на 10-15 °С.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих / Н.И. Алфимова [и др.]//НТЖ «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». №1. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – С. 30–33.
2. Влиянии генезиса минерального наполнителя на свойства композиционных вяжущих/ Н.И. Алфимова [и др.]//НТЖ «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». №1. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. – С. 91–94.
3. Шейченко, М.С. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения / М.С. Шейченко, В.С. Лесовик, Н.И. Алфимова // НТЖ «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». №1. – Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. – С. 10–14.

