

Р. З. Рахимов, З. А. Камалова, Е. Ю. Ермилова,  
О. В. Стоянов

## ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫЙ ТРЕПЕЛ КАК АКТИВНАЯ МИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА В ЦЕМЕНТ

*Ключевые слова: композиционный цемент, трепел, активные минеральные добавки, обжиг.*

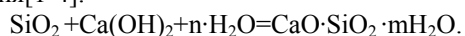
*В работе представлены результаты экспериментов термической обработки трепела при различных температурных режимах. Эффективность полученного материала оценивалась влиянием на физико-механические характеристики портландцемента в составе композиционного цемента.*

*Keywords: composite cement, tripoli, active mineral additives, burning.*

*The paper presents the experimental results of heat treatment of tripoli under different temperature regimes. The effectiveness of the obtained material was estimated by the effect on physico-mechanical properties of Portland cement in the composition of the cement.*

### Введение

Активные минеральные добавки, обладающие пуццолановыми свойствами, используются уже много десятков лет для улучшения физико-механических свойств получаемых материалов на основе портландцемента, повышения их долговечности, а также химической стойкости. Одной из таких минеральных добавок является трепел. Это природная минеральная добавка осадочного происхождения. Как и любая другая кислая кремнеземисто-глиноземистая добавка при добавлении в портландцемент она способствует улучшению ряда его технических свойств, таких как водостойкость и сульфатостойкость, снижает экзотермию. При этом основным достоинством такого материала является способность связывать гидроксид кальция, образующийся при гидратации портландцементных минералов в присутствии воды при обычной температуре, и предотвращать тем самым выщелачивание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . При его взаимодействии с трепелом происходит так называемая пуццолановая реакция, в результате которой увеличивается содержание гидросиликатов кальция [1-4]:



Активность и эффективность трепела в цементных системах согласно многим источникам зависит от его дисперсности, химического и минерального состава.

Трепел по своей природе и эффективности влияния на портландцемент очень сильно похож на диатомит. Согласно исследованиям [4] диатомиты в естественном состоянии обладают плохой адсорбционной способностью, большой пористостью, что негативно влияет на прочностные свойства цемента, при добавлении диатомита к клинкеру. Согласно [4] химическая активация природных диатомитов кислотами и щелочами приводит к увеличению прочности композиционного портландцемента с диатомитом на 30%. Причем такой эффект обусловлен химической модификацией диатомита, в результате которой происходит изменение природы части активных

центров на поверхности диатомитовых частиц, которые в свою очередь становятся центрами кристаллизации при структурообразовании.

Согласно последним данным [5,6] обожженный при 900 °С диатомит в составе портландцементного клинкера позволяет уплотнить структуру таких композиционных цементов за счет изменения поровых структур.

В настоящей работе приводятся результаты исследований по оценке возможности повышения физико-механических и других эксплуатационных свойств композиционных цементов с добавлением трепела, обожженного при разных температурных режимах, т.к. согласно литературным данным [5,6] пуццолановая активность опал-кристаллитовых пород повышается при их термической обработке, и выше по сравнению с активностью золу-унос, метакаолина, шлака.

### Материалы и методы исследования

Испытания проводились на трепеле месторождения «Мурачевская гора» Калужской области. Химический и минеральный составы приведены в таблицах 1,2. Температура обжига была принята в диапазоне от 400 до 800 °С с шагом 200 °С и временем обжига 4 часа и при температуре 900°С со временем обжига 1 час.

В качестве цемента использовался низкоалюминатный портландцемент ЦЕМ I 42.5Б ОАО «Вольскцемент» марки М500 Д0 (ГОСТ 31108-2003) (таблица 2), как наиболее широко применяемый среди строительных предприятий в Республики Татарстан.

**Таблица 1 - Минеральный состав трепела месторождения «Мурачевская гора», Калужская область**

Минерал	Содержание, %
Кварц	32
Полевой шпат	2,5
Гидрослюда	1,5
Монтмориллонит	8
Опал кристаллитридмитовый	51
Клиноптиллолит	5

**Таблица 2 - Химический состав экспериментальных материалов**

	Вольский ПЦ 500-Д0-Н	Трепел месторождения «Мурачевская гора», Калужская область
CaO	63,0	1,43-0,622
SiO <sub>2</sub>	20,5	86-80,46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,5	8,27-7,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,5	3,3-3,54
MgO	-	1,33-0,834
SO <sub>3</sub>	3,0	0,03-0,0102
Na <sub>2</sub> O	-	5,67-0,0356
TiO <sub>2</sub>	-	2-0,387
ZrO	-	2-0,0096

Обжиг производился в лабораторной камерной электропечи SNOL 13/1100 L с камерой из вакуумированного волокна.

Исследования проводились на цементных образцах-кубиках с ребром 2 см. Физико-механические свойства цементного камня на тесте НГ оценивались по изменению показателя прочности на сжатие, водопоглощению и средней плотности.

Трепел, обожженный при разных температурных режимах (Т400, Т600, Т800, Т900) вводился в состав портландцемента в количестве 3,6, 10, 15% от его массы.

### Результаты и обсуждение

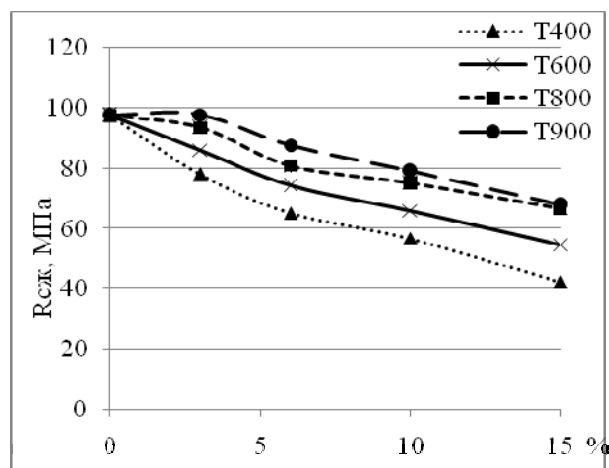
Согласно полученным данным, представленным на рис.1 максимальная прочность композиционного цемента достигается при использовании трепела, обожженного при температуре 900°C в течении 1 часа, в количестве 3-6% от массы портландцемента.

Также следует отметить, что при использовании трепела, обожженного при температуре 800°C в течении 4 часов, прочность остается на уровне прочности бездобавочного цементного камня.

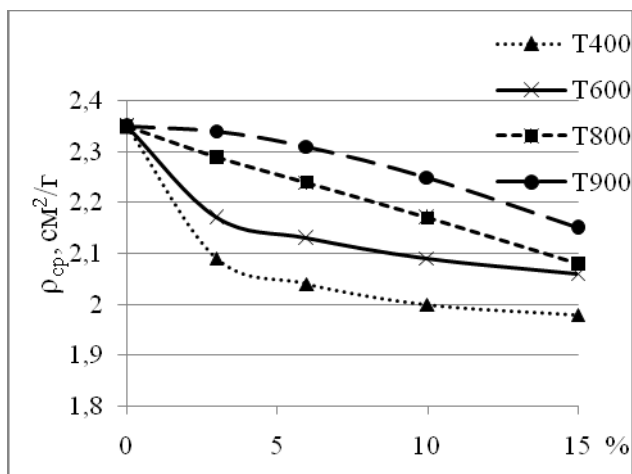
Снижение температуры обжига трепела ниже 600 °С приводит к снижению прочности композиционного цементного камня.

Таким образом, оптимальными режимами обжига трепела согласно исследованиям можно считать 800°C при времени обжига 4 часа и 900 °C при времени обжига 1 час. Оптимальным можно считать 3-6% замещения портландцемента от его массы.

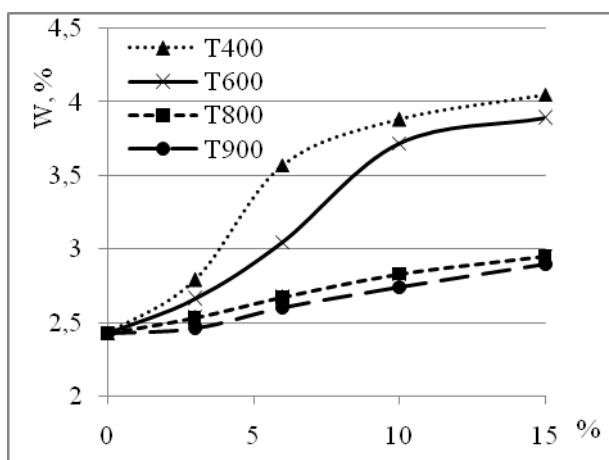
Как видно из рисунков 2 и 3 максимальная плотность и минимальное водопоглощение для композиционного цемента сохраняется при введении до 6% трепела, обожженного при температуре 900°C/1 час или 800°C/4 часа. При более низких t°-ах обжига плотность снижается в 1,2 раза, водопоглощение возрастает в 1,5 раза.



**Рис. 1 – Зависимость предела прочности на сжатие композиционного цементного камня в возрасте 28 суток от температуры обжига трепела и количества вводимой добавки**



**Рис. 2 – Зависимость средней плотности композиционного цементного камня в возрасте 28 суток от температуры обжига трепела и количества вводимой добавки**



**Рис. 3 – Зависимость водопоглощения композиционного цементного камня в возрасте 28 суток от температуры обжига трепела и количества вводимой добавки**

Таким образом, можно сделать вывод о возможности и целесообразности замены части портландцемента на 3-6% трепела, термически обработанного при температуре 900°C и времени обжига 1 час.

### Выводы

1. Оптимальными температурными режимами обжига для трепела являются: температуре 900°C со временем обжига 1 час или 800°C со временем обжига 4 часа.

2. При добавлении в цемент трепела, обожженного при температурах 800-900°C, в количестве 3-6% от масс.части портландцемента, прочность композиционного цементного камня сохраняется на уровне прочности бездобавочного цементного камня, что свидетельствует о возможности замены части портландцемента на термически обработанный трепел.

### Литература

1. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. Технология и свойства: учебник / А.В.Волженский, Ю.С.Буров, В.С.Колокольников. / 3-е изд., перераб. и

доп. / Репринтное воспроизведение издания 1979 г. – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 480 с.

2. Бутт Н.М. Технология цемента и других вяжущих материалов. М.: Стройиздат. 1976. С.344.
3. Тейлор Х.Ф. Химия цементов [Текст]: монография / Х.Ф.Тейлор. - М., 1969.- 501 с.
4. Пустовгар А.П. Эффективность применения активированного диатомита в сухих строительных смесях // Строительные материалы. 2006. №10. С.2-4.
5. Черкасов В. Д. О химическом модифицировании диатомита и возможности его дальнейшего использования в качестве активной минеральной добавки/ В. Д. Черкасов, В. И. Бузулуков, А. И. Емельянов, Д. В. Черкасов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31(60). Ч. 2. Строительные науки. С. 207 – 210.
6. Janotka I., Krajci L., Unlik P., Bacuvcik M. Natural and calcimined diatomite as cement replacement materials: microstructure and pore structure study // NTCC 2014: International Conference on Non-Traditional Cement and Concrete. 2014. June 16-19, Brno, Crech Republic. Pp.99-100.
7. Janotka I., Krajci L., Kuliffayova M. Ternary Cement Composites with Metakaolin Sand and Calcined Clayey Diatomite // Concrete and Concrete Structures 2013 Conference.Procedia Engineering 65(2013). Pp.7-13.

© **З. А. Камалова** – канд. техн. наук, проф. КГАСУ; **Е. Ю. Ермилова** – асп. КГАСУ, lizabeta\_91@list.ru; **Р. З. Рахимов** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительных материалов КГАСУ, rahimov@ksaba.ru; **О. В. Стоянов** – д-р техн. наук, проф. КНИТУ, ov\_stoyanov@mail.ru.

© **Z. A. Kamalova** - candidate of technical sciences, associate professor KSUAE; **E. U. Ermilova** – post-graduate student KSUAE, lizabeta\_91@list.ru; **R. Z. Rakhimov** - doctor of technical sciences, professor KSUAE, rahimov@ksaba.ru; **O. V. Stoyanov** – doctor of technical sciences, professor KNRTU, ov\_stoyanov@mail.ru.