

## THE EFFECT OF THE MECHANICAL ACTIVATION OF THE ASH ON THE CHOICE OF THE ALKALINE ACTIVATOR CONCENTRATION

L. PARFENOVA, K. RAZUEVA

*The article proposes the use of geopolymers based on the ash-and-slag mixture of the Belorusskaya state district power station of the urban settlement Orekhovsk as an alternative to Portland cement. A brief description of the physical and mechanical properties of the ash, as well as the chemical composition of the ash component of the ash-and-slag mixture is given. The results of the study of the effect of the mechanical activation of ash on the choice of the alkaline activator concentration are given. The morphology of raw and mechanically activated ash within 60 minutes is presented. It was established that when using sodium hydroxide (NaOH) as an alkaline activator with an increase in the time of mechanical activation, the concentration of the alkali solution decreases.*

**Keywords:** geopolymer, ash-and-slag mixture, sodium hydroxide, alkaline activation, chemical composition, binder, mechanical activation.

УДК 691.322

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОНА

Е.А. ТРАМБИЦКИЙ, В.А. ХВАТЫНЕЦ, канд. техн. наук, доц. Д.Н. ШАБАНОВ  
(Полоцкий государственный университет)

*Для получения достоверной информации об остаточном ресурсе конструкций, исходные данные необходимо определять по результатам натурных испытаний. Однако, для большинства конструкций получение достоверных исходных данных затруднено, что естественно снижает точность расчетов. Величины напряжений, возникающих в конструкциях, как правило, принимаются по результатам формализованных расчетов, что не отражает действительной работы конструкции. В связи с этим возникает необходимость в достоверных оперативных способах получения исходных данных для расчетов. В этом случае, целесообразно применять компьютерное моделирование напряжённно-деформированного состояния бетона.*

**Ключевые слова:** бетон, компьютерное моделирование, напряжённно-деформированное состояние, глубинный датчик.

Компьютерное моделирование напряжённно-деформированного состояния бетона, позволит достоверно определять характеристики изделий, без проведения натурных испытаний. Это снижает трудоёмкость при исследованиях остаточного ресурса конструкций, а, следовательно, экономит не только время, но и финансовые ресурсы.

Однако прежде чем создавать модель напряжённно-деформированного состояния, требуется изучить характеристики материала. Причём для более достоверных данных недостаточно одного метода исследования [1]. Поэтому, для более детального изучения развития деформаций в бетоне были разработаны и смоделированы глубинные датчики [2, 3] и собрано лабораторное оборудование для считывания получаемой информации.

Для дальнейшего моделирования, экспериментальным путём определялось напряжённно-деформированное состояние мелкозернистого бетона и цементных образцов [4, 5].

Для определения напряжённно-деформированного состояния бетона в качестве опытного образца использовалась бетонная призма с размерами 100x100x200 мм. Состав бетонной смеси из расчета на 1м<sup>3</sup>: портландцемент марки 400 – 1500 кг, песок – 500 кг, вода – 300 л.

Для фиксации датчиков в металлической форме использовалась натянутая проволока малого диаметра. Два датчика размещались взаимно перпендикулярно друг другу (по направлениям развития главных деформаций) с зазором, чтобы они не соприкасались. Схема расположения глубинных тензодатчиков в образце-призме представлена на рисунке 1

Результаты испытаний бетонной призмы фиксировались как с поверхности, при помощи гидравлического пресса ПГМ-500МГ4А (рисунок 2), так и изнутри (при помощи вольтметра и глубинных датчиков). Полученные данные представлены в таблице 1

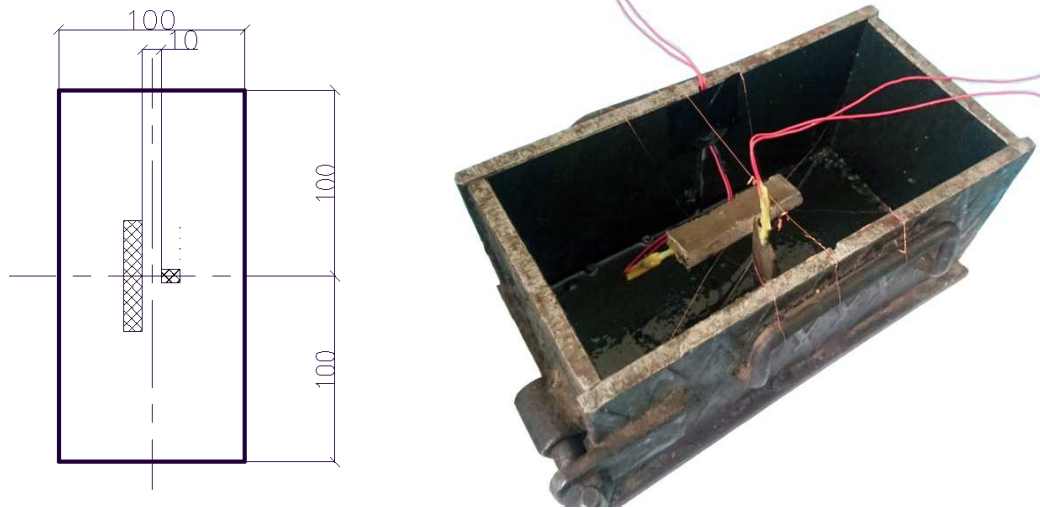


Рисунок 1. – Схема расположения глубинных датчиков в опалубке

Таблица 1. – Результаты испытаний бетонной призмы на сжатие

№ нагружения	Нагрузка, кН	Деформации, мм	Эл. напряжение, V
1	0,92	0,601	1,27
2	8,48	1,204	1,4
3	96	1,506	1,471
4	197,64	2,018	1,483
5	247,87	2,475	1,573



Рисунок 2. – Испытание бетонного образца с установленными в него глубинными датчиками

По данным таблицы был построен график (рисунок 3) напряженно-деформированного состояния бетонной призмы с наложением на него показаний, полученных с аппаратуры (рисунок 3) и глубинных датчиков.

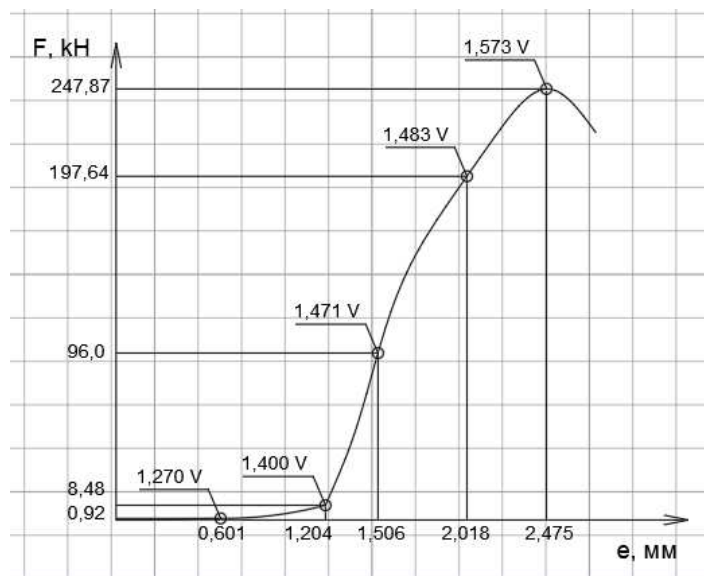


Рисунок 3. – График относительных продольных деформаций испытываемого образца

Из данного графика видно, что с ростом нагрузки и деформации, также росли и показания вольметра, подключенного к глубинному датчику. Из этого можно сделать вывод о том, что датчик находился в работе и воспринимал внутренние деформации бетона. Стоит отметить, что разница между нулевым и разрушающим показателем нагрузки составляет 0,303 V.

Можно предположить, что для бетона аналогичного состава с такой же прочностью на сжатие, при снятии нагрузки до изменения показаний вольметра на 0,303 V возможно избежание разрушения образца, и как следствие – конструкции.

Испытание других образцов с применением глубинных датчиков будет способствовать появлению базы выходных значений, которая будет применена для оценки напряженно-деформированного состояния бетона определенного состава и характеристик в данный момент времени.

В ходе проведенного эксперимента было установлено, что глубинные датчики способны воспринимать деформации той среды, в которую они помещены. Полученные данные о напряжениях в бетоне в дальнейшем будут использованы для построения модели напряженно-деформированного состояния.

Для определения напряженно-деформированного состояния цементного теста в качестве опытных образцов использовалось 3 цементных кубика с размерами 70x70x70 мм. Водоцементное отношение смеси – 0,4. Перед началом испытаний, кубики взвешивались, для определения их средней плотности.

В данном эксперименте применялся датчик цилиндрической формы, представленный. При фиксации датчиков в металлической форме использовалась натянутая проволока малого диаметра.

В образцах №1 и №2 цилиндрические датчики размещались взаимно перпендикулярно друг другу (по направлениям развития главных деформаций) с зазором, чтобы они не соприкасались. Образец № 3 был заформован без глубинных датчиков внутри.

Результаты испытаний цементных кубов фиксировались с поверхности (с помощью гидравлического пресса ПГМ-500МГ4А), а также изнутри.

Результаты испытаний для трех образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Прочность и плотность цементных образцов

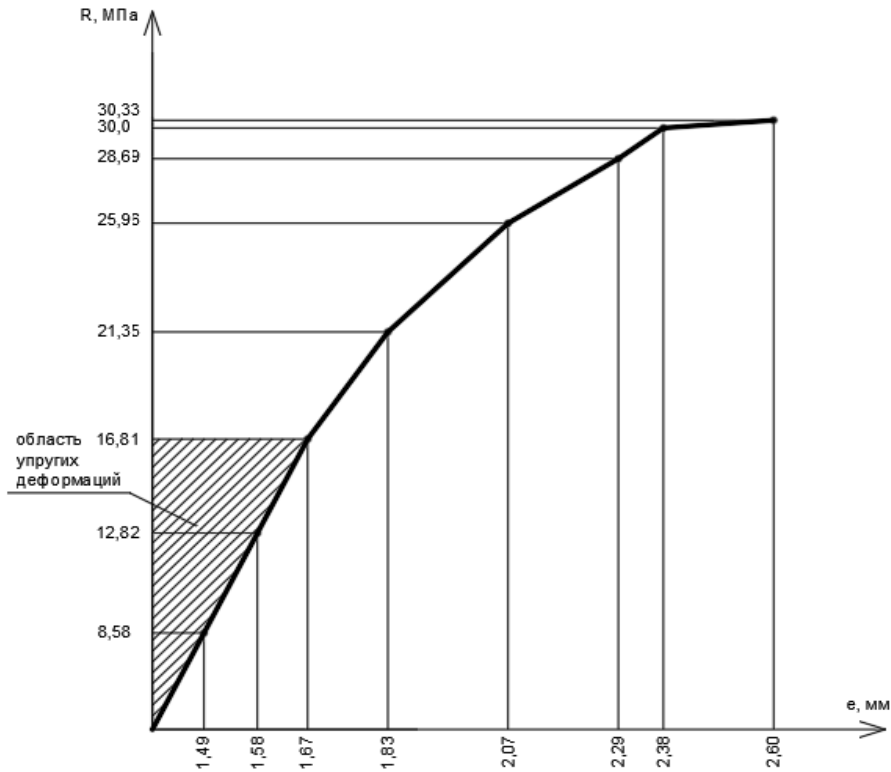
№ образца	В/Ц	Цемент, кг/м <sup>3</sup>	Вода, кг/м <sup>3</sup>	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа
1	0,4	300	120	1,99	28,94
2	0,4	300	120	1,985	30,33
3	0,4	300	120	1,975	38,04

Параллельно друг другу велись построения графиков напряженно-деформированного состояния цементного образца с пресса и изменения напряжения глубинных датчиков при помощи программы PhyZ Module. Фиксирование данных велось на протяжении полного цикла нагружения и затем синхронизировались во времени.

В течении всего испытания, изменения напряжений фиксировали датчики, расположенные перпендикулярно подаваемой нагрузке (горизонтальный датчик). Глубинные датчики, расположенные вертикально, никаких изменений на графике «эл. напряжение - время» не давали.

График изменения напряжения для образца №1 представлен на рисунке 4.

а



б

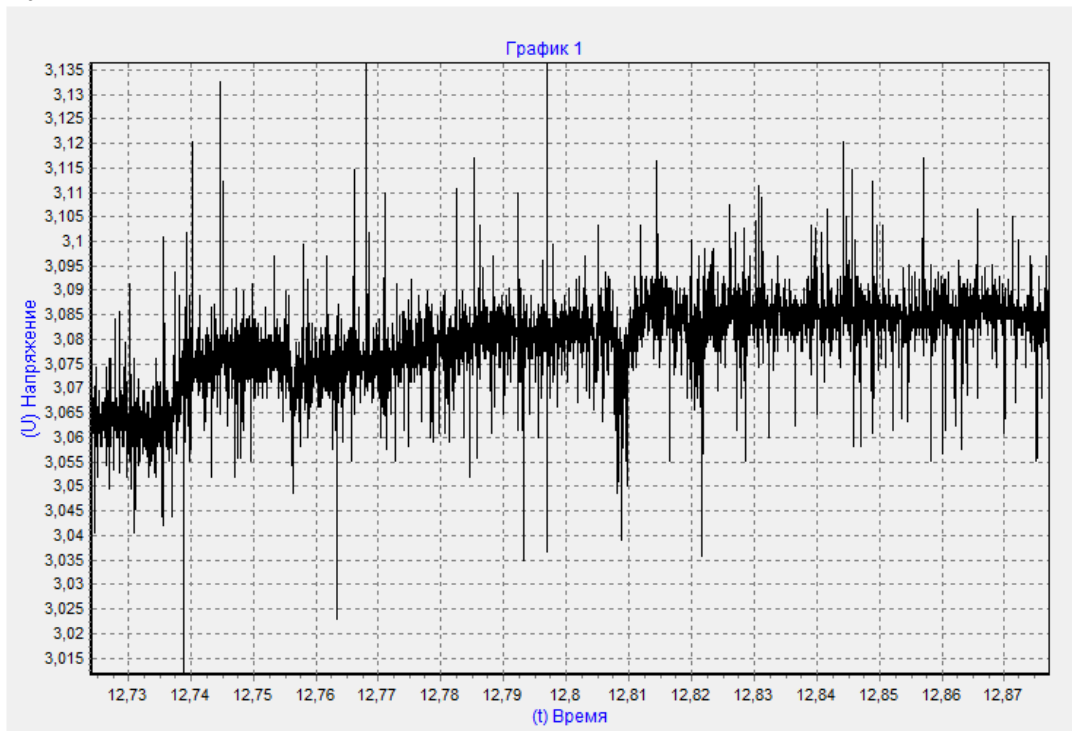
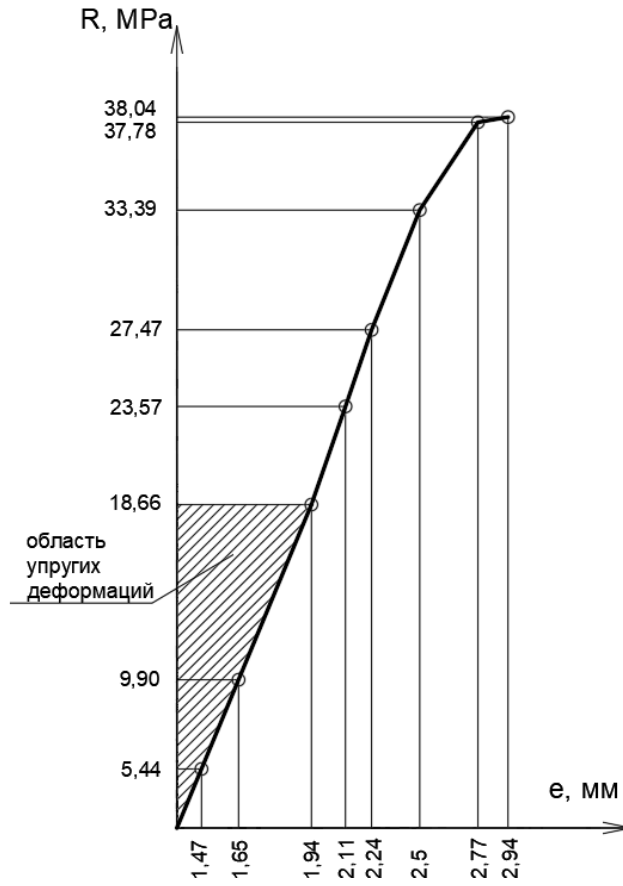


Рисунок 4. – Изменение напряжения горизонтального глубинного датчика в образце №1:  
а – показания с прессы; б – показания с датчика

График изменения напряжения для образца №2 представлен на рисунке 5

а



б

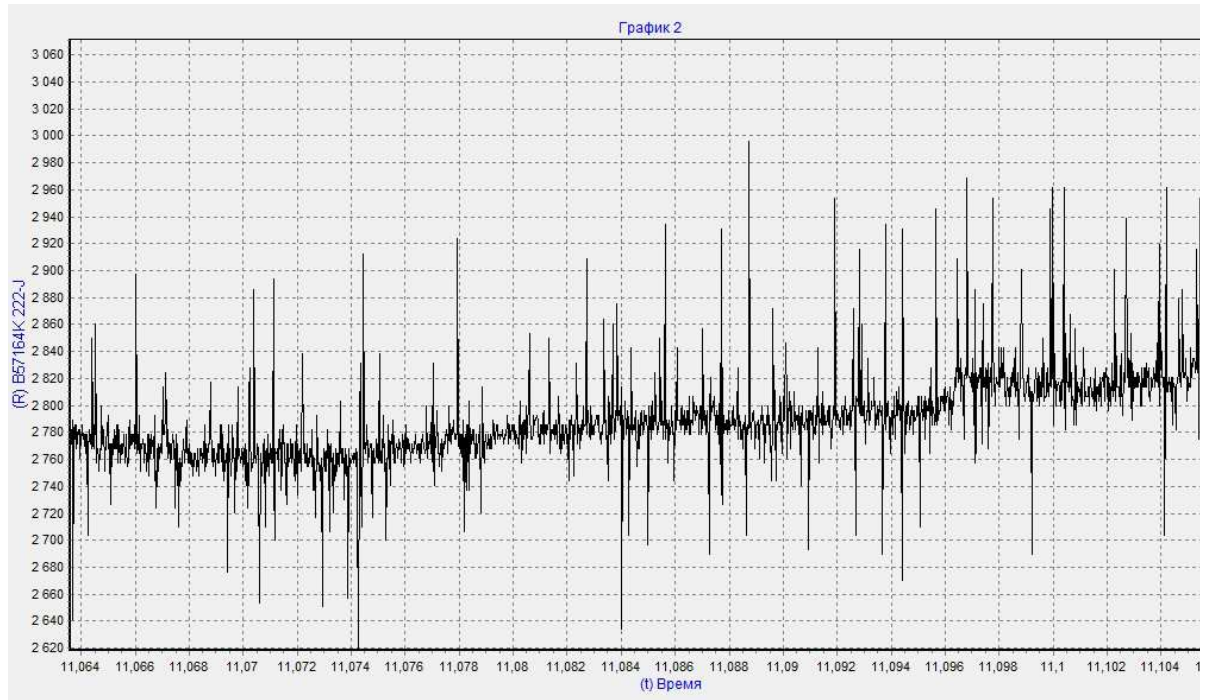


Рисунок 5. – Изменение напряжения горизонтального глубинного датчика в образце №2:  
 а – показания с пресса; б – показания с датчика

Анализируя представленные графики и таблицу, можно сделать следующие выводы:

- при внедрении в структуру цементной системы глубинного датчика, мы несколько увеличиваем прочность самого образца, при этом плотность остается практически такая же, как и в образце без установленного датчика. Требуется дальнейшие испытания для определения влияния глубинного датчика на структуру бетона;

- собранная система фиксирует изменение напряжения только в датчиках, установленных в образцах горизонтально, при этом на графике изменения напряжений наблюдаются очень сильные шумы. В дальнейшем будет произведена “чистка” этих графиков.

- собранная система реагирует на выходной сигнал глубинного датчика. При должной настройке, планируется улучшить наглядность получаемых результатов.

Характер разрушения образцов с глубинными датчиками представлен на рисунке 6.



Рисунок 6. – Характер разрушения цементного куба

На рисунке четко прослеживается, что глубинный датчик попал в область развития магистральной трещины, тем самым деформируясь вместе со структурой цементного образца.

В дальнейшем планируется связать результаты, полученные на данной установке, с возможностями компьютерного моделирования, для последующей визуализации и анализа происходящих структурных изменений в теле исследуемого бетона.

Совершенствуя датчики и установку для контроля за напряженно-деформированным состоянием бетона, можно добиться предупреждения и предотвращения возможных обрушений бетонных и железобетонных конструкций.

Получены и обработаны экспериментальные данные по развитию деформаций в бетоне. Для более детального исследования использовались смоделированные глубинные датчики и собранное оборудование для обработки данных. По полученным результатам построены графики отражающие развитие деформаций в бетоне.

По полученным экспериментальным и теоретическим данным планируется проведение компьютерного моделирования структуры бетонов и развитие в ней трещин с целью получения более широкой картины происходящих внутри образцов изменений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Измерения в промышленности : справ. изд. В 3 кн. Кн. 1 : [пер. с нем.] / под ред. проф. П. Профоса. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1990. – 384 с.
2. Шешуков, А.Н. Применение телеметрических систем для мониторинга напряженно деформированного состояния конструкций / А.Н. Шешуков, С.В. Мальцев, Р.П. Богуш // Инженерные проблемы строительства и эксплуатации сооружений : сб. науч. тр. / под ред. Д.Н. Лазовского. – Минск, 2001. – С. 402–404.
3. Макаренко, С.Ю. Применение глубинных датчиков на основе тензорезисторов при исследовании деформаций ползучести тяжелого бетона / С.Ю. Макаренко // Теория и практика расчета зданий, сооружений и элементов конструкций. Аналитические и численные методы : материалы науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения проф. Н.Н. Леонтьева и 110-летию проф. В.З. Власова. – МГСУ, 2017. – С. 74–77.



4. Трамбицкий, Е.А. Определение напряженно-деформированного состояния бетонного образца с помощью глубинных датчиков / Е.А. Трамбицкий, В.А. Хватынец, Д.Н. Шабанов // Электронный сборник трудов молодых специалистов Полоцкого государственного университета. – 2018. – Вып. 20 (90).
5. Хватынец, В.А. Создание высокопрочных оснований за счёт дисперсного армирования цементной матрицы / В.А. Хватынец, Е.А. Трамбицкий, Д.Н. Шабанов // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2018. – С. 56–59.
6. Фомица, Л.Н. Полупроводниковые преобразователи для измерения механических напряжений / Л.Н. Фомица. – Минск : Выш. шк., 1983. – 123 с., ил.
7. Красновский, Р.О. О методике испытания железобетонных балок на действие поперечных сил / Р.О. Красновский // Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона, арматуры и железобетонных конструкций. – М. : Госстройиздат, 1962. – С. 160–173.
8. Пресс испытательный гидравлический малогабаритный ПГМ-500МГ4 [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://belavalon.by/katalog/product/view/5/336>. – Дата доступа: 01.10.18.

#### COMPUTER MODELLING OF STRESSED-DEFORMED CONDITION OF CONCRETE

*E. TRAMBITSKY, V. KHVATYNETS, D. SHABANOV*

*To obtain reliable information about the residual life of structures, the initial data must be determined from the results of field tests. However, for most structures, obtaining reliable source data is difficult, which naturally reduces the accuracy of calculations. Values of stresses arising in structures, as a rule, are taken based on the results of formalized calculations, which does not reflect the actual operation of the structure. In this regard, there is a need for reliable operational methods for obtaining baseline data for calculations. In this case, it is advisable to apply computer modeling of the stress-strain state of concrete.*

**Keywords:** concrete, computer modeling, stress-deformed state, deep sensor.

УДК 691.3

#### СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРИМЕНЕНИИ ПОЛИМЕРОВ В БЕТОНЕ

*канд. техн. наук, доц. Л.М. ПАРФЁНОВА, Сати Рабих  
(Полоцкий государственный университет)*

*Представлен краткий обзор современных направлений исследований полимеров в бетоне. Отмечается, что наряду с полимербетонами и бетонополимерами, эффективно использование полимеров в качестве химических добавок в бетон. В качестве полимерных добавок могут применяться акриловые дисперсии, предназначенные для лакокрасочной промышленности. Акриловые дисперсии способствуют формированию плотной структуры бетона, уменьшая количество и размеры макропор. Комплексные добавки на основе акриловой эмульсии значительно повышают прочность на растяжение при изгибе, адгезию к бетону конструкции, морозостойкость.*

**Ключевые слова:** полимербетоны, полимерные добавки, акриловая дисперсия, водонепроницаемость, прочность, гидрофобизирующие добавки

Бетоны на основе портландцемента являются основным материалом несущих и ограждающих конструкций, применяемых в современном промышленном и гражданском строительстве. Комплекс неблагоприятных воздействий: попеременное увлажнение – высушивание, замораживание – оттаивание, контакт с коррозионно активными по отношению к цементному камню веществами, приводит к коррозии бетона, выражающейся в уменьшении прочности материала и ухудшении эксплуатационных характеристик изделия [1–3]. Определено [3], что коррозионная стойкость бетонов определяется двумя главными показателями – проницаемостью для агрессивных сред и способностью цементного камня и заполнителя вступать в химическое взаимодействие с компонентами агрессивных сред. В исследованиях [1, 2] также указано на связь процессов коррозии цементного камня с интенсивным массопереносом в структуре материала. Установлена зависимость: чем ниже скорость массопереноса, тем выше коррозионная стойкость цементного камня.