

## ПРОЧНОСТЬ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ КОНТАКТОВ МЕЖДУ ТВЕРДЫМИ СТРУКТУРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЛЕССОВИДНЫХ ГРУНТОВ В УСЛОВИИ СИНЕРЕЗИСА

Было выявлено, что усилие разрыва изменялось от 125 до 175 г/см<sup>2</sup>; плотность от 1.5 до 1,59 г/см<sup>3</sup>; влажность от 18 до 25%. В частности с увеличением влажности усилие разрыва уменьшается, а с увеличением плотности усилие разрыва увеличивается.

### ВЫВОД

Таким образом, проанализировав полученные графики было выявлено, что в лессовидных грунтах под влиянием техногенных воздействий в условиях длительной эксплуатации происходит увеличение сцепления между частицами (таблица), что увеличивает удельное сцепление грунта.

Таблица

Номер экспериментальной площадки	Количество частиц в единице площади в ненагруженной зоне	Количество частиц в единице площади в нагруженной зоне
Площадка №1	7502467	7798633
Площадка №2	3758533	5043033

Усилие разрыва образцов (супеси) подверженных техногенному воздействию в среднем увеличивается на 27% по сравнению с образцами ненарушенной структуры, а у образцов (суглинков) подверженных техноген-

ному воздействию усилие разрыва в среднем увеличивается на 44%.

Увеличение прочности индивидуального контакта частиц в массиве грунта под влиянием техногенных воздействий, зависит от закономерного изменения количества частиц и от типа грунта. В суглинках количество частиц на 25% превышает количество частиц в супесях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грунтоведение. Под ред. Сергеева С.М. – Изд. 3-е. М.: Изд-во МГУ, 1973. – 569 с.
2. Грунтоведение. Под ред. Трофимова В.П. – Изд. 6-е, переработанное и дополненное. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.
3. Карелина И.В. Дешифрирование физико-механических свойств грунтов по цифровым изображениям при механическом воздействии на грунтовые основания. Диссертация. – Барнаул: Изд. АлтГТУ, 2005. – 128 с.
4. Корнеев И.А. Комплексные исследования изменений свойств лессовых грунтов в основаниях длительно эксплуатируемых зданий. Диссертация. – Барнаул: Изд. АлтГТУ, 2001. – с. 101-116.

*Лебзак В.Н.* – аспирант, E-mail: lev130@mail.ru, *Швецов Г.И.* – д.г.-м.н., профессор, *Тищенко А.И.* – д.т.н., профессор, *Куликова Л.В.* – д.т.н., профессор, *Буйко О.В.* – к.т.н., доцент, Алтайский государственный технический университет.

УДК 666.9.015.4

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ОБЪЕМНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕТОНА ПРИ ТВЕРДЕНИИ И СЛУЖБЕ

А.А. Лихошерстов, В.К. Козлова, Е.Ю. Малова, А.В. Вольф

*Рассмотрено влияние модифицирующих карбонат содержащих добавок на усадочные деформации при твердении цемента, а также, на объемные деформации при испытании на сульфатостойкость. Показано, что использование таких добавок в композиционных цементах приводит к снижению усадочных деформаций при твердении, к уменьшению объемных деформаций при сульфатой коррозии и общему повышению коррозионной стойкости цемента.*

*Ключевые слова: относительные деформации, коррозионная стойкость, карбонатные добавки.*

### ВВЕДЕНИЕ

Процессы твердения цементного камня и процессы, происходящие в нем при взаимодействии с агрессивными факторами окружающей среды, сопровождаются изменениями объема, что приводит к снижению экс-

плуатационного срока службы бетонов и поэтому изучение этих изменений является всегда актуальным. Основными показателями качества бетона, нуждающимися в оптимизации, являются его прочность, усадка и коррозионная стойкость.

В современных публикациях, освещающих возможные пути повышения коррозионной стойкости бетонов, рассматривается, в основном, два направления: использование специальных цементов и изготовление бетонов повышенной плотности со сниженной пористостью. В качестве специальных цементов чаще всего используется сульфатостойкий портландцемент, характеризующийся пониженным содержанием трехкальциевого алюмината и трехкальциевого силиката. Снижение содержания указанных минералов с одновременным введением повышенного содержания активных минеральных добавок приводит к заметному снижению прочности. Кроме того, бетоны, изготовленные на основе таких цементов, часто оказываются не стойкими к действию сульфатной и углекислотной коррозии. При выборе способов повышения коррозионной стойкости цементов и бетонов в сульфатосодержащей среде необходимо учитывать, что сульфатная коррозия всегда совмещается с углекислотной.

С целью получения бетонов повышенной плотности используются бетонные смеси, при приготовлении которых осуществляется тщательный подбор гранулометрического состава крупного и мелкого заполнителей, вводятся тонкодисперсные добавки, с целью снижения расхода воды при необходимой удобоукладываемости используются суперпластификаторы. Таким путем удается значительно снизить пористость бетона и его водопоглощение, однако, это уменьшает, но не предотвращает проникновение воды и растворенных в ней веществ в бетон, находящийся во влажных условиях, а при службе бетона в воздушносухих условиях – проникновение паров воды и молекул агрессивных компонентов воздушной среды.

В работе [1] показано, что одним из путей повышения коррозионной стойкости бетонов является использование композиционных цементов, получаемых на основе обыкновенных портландцементных клинкеров среднестатистического состава с введением комплекса модифицирующих добавок, способных взаимодействовать с гидроксидом кальция, выделяющимся в процессе гидролиза минералов-силикатов. Комплексные модифицирующие добавки, представляющие собой смеси различной тонкодисперсной минеральной основы с химическими добавками, могут использоваться для частичной или полной замены доменного гранулированного шлака в составе портландцемента.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для композиционных портландцементов с комплексными модифицирующими добавками на карбонатсодержащей основе было выполнено определение усадочных деформаций в процессе твердения цемента, а также, определение линейных деформаций образцов-балочек, изготовленных из композиционного портландцемента и песка при испытании на сульфатостойкость.

Композиционный портландцемент изготавливался совместным помолом клинкера ОАО "Цемент" с добавкой гипса и минеральной добавкой, в составе которой доменный гранулированный шлак частично или полностью заменен карбонатсодержащей породой.

Определение сульфатостойкости проводилось по методу, предложенному Б.Г. Скрамтаевым [2]. Образцы-балочки, изготовленные из смеси цемента и песка в соотношении 1:3, твердевшие при нормальных условиях и при пропаривании по режиму 3+6+3 (температура 60°C), попеременно насыщались 5% раствором сульфатного натрия, затем высушивались при температуре 105°C. Испытания проводились до появления трещин.

Образцы контрольного состава изготавливались на основе цемента ПЦ400Д20, добавка - доменный гранулированный шлак.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 показаны усадочные деформации при твердении цементного теста, изготовленного из цемента ПЦ400Д20.

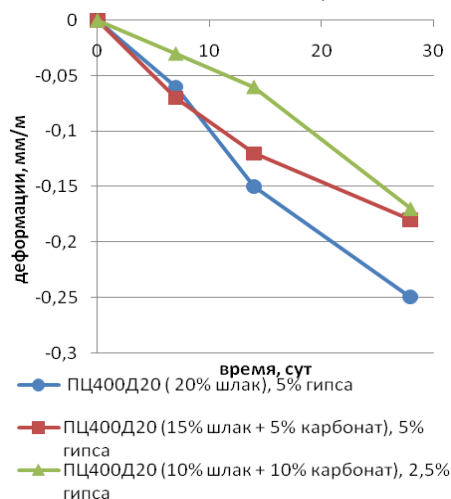


Рисунок 1 – Усадочные деформации при твердении

В контрольном составе добавка представлена доменным гранулированным шла-

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ОБЪЕМНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БЕТОНА ПРИ ТВЕРДЕНИИ И НА СЛУЖБЕ

ком, в двух других составах, добавка шлака заменена на 5% и 10% карбонатной породой. В связи с тем, что карбонатсодержащие добавки обладают способностью замедлять схватывание цементного теста, в составе ПЦ400Д20, содержащем 10% такой добавки, снижено содержание вводимого гипса до 2,5%.

Из приведенных графиков следует, что частичная замена доменного гранулированного шлака карбонатсодержащей породой способствует значительному снижению усадочных деформаций при твердении портландцемента, особенно при одновременном снижении количества вводимого гипса.

В возрасте 28 суток при твердении в нормальных условиях у цемента с комплексной добавкой, состоящей из 10% шлака и 10% карбоната, при сниженном до 2,5% расходе гипса, усадочные деформации при твердении уменьшаются на 30% по сравнению с усадкой, характерной для контрольного состава.

Деформации цементного камня, сопровождающие сульфатную коррозию, показаны на рисунке 2.

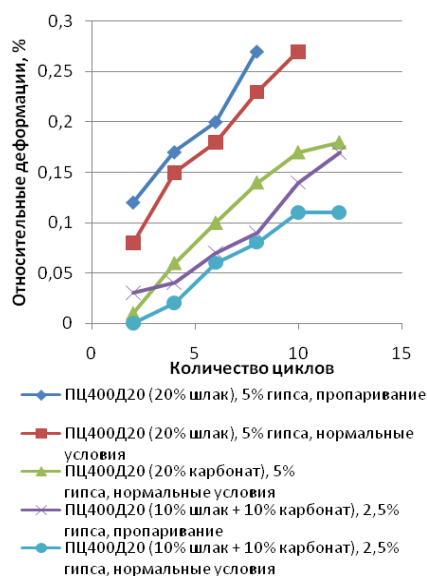


Рисунок 2 – Линейные деформации при испытании на сульфатостойкость

Необходимо отметить, что частичная или полная замена активной минеральной добавки на карбонатсодержащую добавку

способствует значительному росту коррозионной стойкости цементов. Так для портландцементов контрольного состава, твердевшего в нормальных условиях, сульфатостойкость составляет 17 циклов, при введении от 10% до 20% карбонатсодержащей добавки возрастает до 30-32 циклов. Из приведенных на рис. 2 данных можно сделать вывод, что для цементного камня контрольного состава характерна наибольшая величина деформаций, сопровождающих испытания на сульфатостойкость, причем, у образцов, твердевших при пропаривании деформации значительно больше, чем у образцов, твердевших в нормальных условиях. У образцов, изготовленных из цемента, содержащего смешанную шлаковую карбонатную добавку при сниженном содержании гипса, после 10 циклов испытания на сульфатостойкость величина деформаций в 1,5 раза меньше, чем у образцов контрольного состава.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование модифицирующих карбонатсодержащих добавок в производстве композиционных цементов приводит к снижению усадочных деформаций при твердении, к уменьшению объемных деформаций при сульфатной коррозии и общему повышению коррозионной стойкости цементов, что может повысить эксплуатационный срок службы бетонов, изготавливаемых на основе этих цементов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосов С.В., Соколов А.М., Козлова В.К., Лихошерстов А.А.. Влияние комплексных добавок на коррозионную стойкость цемента // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: Сб. тр. / МГСУ. Москва, 2011. – 640 с.
2. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980. – 473 с.

**Лихошерстов А.А.** - аспирант, **Козлова В.К.** – д.т.н., профессор, E-mail: kozlova36@mail.ru, **Малова Е.Ю.** - к.т.н., доцент, **Вольф А.В.** – к.т.н., доцент, Алтайский государственный технический университет.