

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.И. ПОЛЗУНОВА» (АлтГТУ)

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ - 2013

X Всероссийская научно-техническая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых

СЕКЦИЯ "СТРОИТЕЛЬСТВО"

ПОДСЕКЦИЯ "СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ"

Барнаул, 2013

МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ В ЦЕМЕНТ

Бородич К.Э., Павленко А.К. – студенты, Овчаренко Г.И. – д. т. н. профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Применение минеральных добавок для повышения прочности цемента, является одним из важных направлений строительного материаловедения. Авторы [1] предлагают в качестве такой добавки использовать природный волластонит, который в небольших дозировках повышают прочность цемента. Однако в связи с высокой стоимостью волластонита, актуальным является поиск альтернативных добавок.

Цель работы – повышение прочности цемента путём введения минеральных добавок - аналогов волластонита.

В работе использовались: ПЦ М400 Д 20 Искитимского цементного завода, в качестве добавок – прокаленные молотые силикатный кирпич и автоклавный газобетон. Предварительно кирпич и газобетон подвергались дроблению и прокаливанию в муфельной печи при температурах: 500, 750 и 900 °С с последующим помолом до полного прохождения через сито № 008. Добавки вводились в количестве 1,5,10,15 и 20 % от массы цемента. Из вяжущих формовались образцы размером 2×2×2 см, которые твердели в нормальных условиях (НУ) и при ТВО (режим 3-6-3 часа, при t=80 °С). В качестве контроля использовался ПЦ М400 Д 20. Выбор минеральных добавок для исследования обусловливался тем, что автоклавные материалы содержат гидросиликаты кальция тоберморит (C5S6H5), который при прокаливании образует волластонит.

В результате исследования были получены следующие результаты:

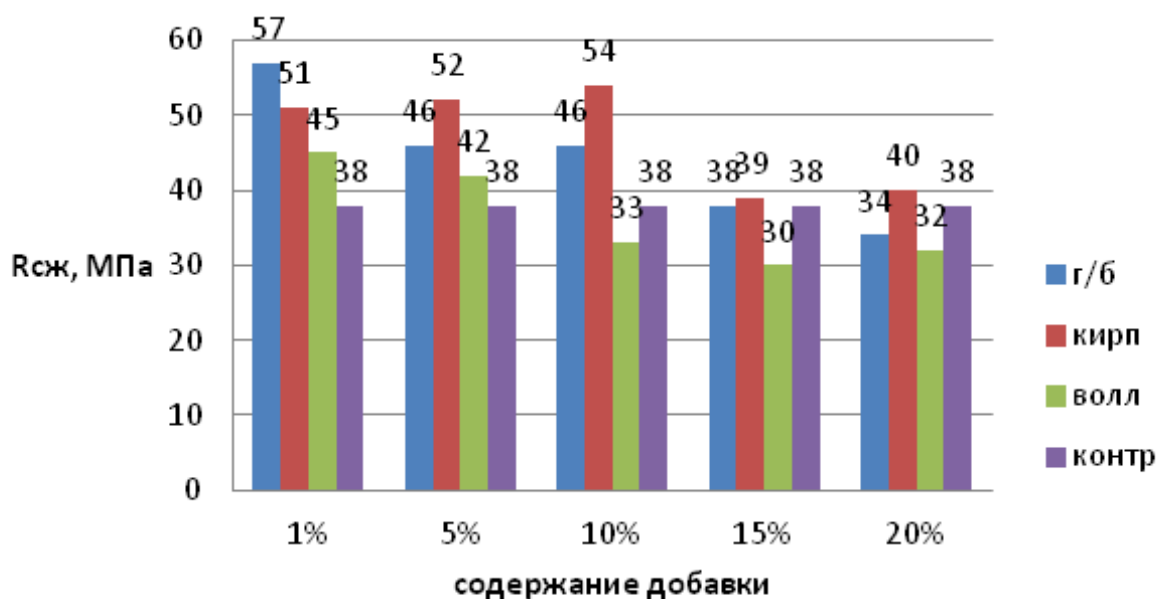


Рисунок 1 - Сравнение прочности составов с контрольным образцом в НУ

Из рисунка 1 мы видим, что при введении добавок в количестве до 5% прочность составов со всеми добавками выше чем контрольного. Максимальная прочность достигается при введении 1% добавок, при этом наилучший результат даёт добавка газобетон, прочность данного состава превышает контрольный на 50 %.

С увеличением содержания добавок волластонита прочность снижается, а с увеличением добавок силикатного кирпича прочность снижается, но остаётся выше прочности контрольного состава.

$$R_3 \text{ сут (г/б)} = 0,02 \cdot D^2 - 0,0014 \cdot t^2 + 0,001 \cdot D \cdot t - 2,05 \cdot D + 0,17 \cdot t + 6,82$$

$$R = 0,85$$

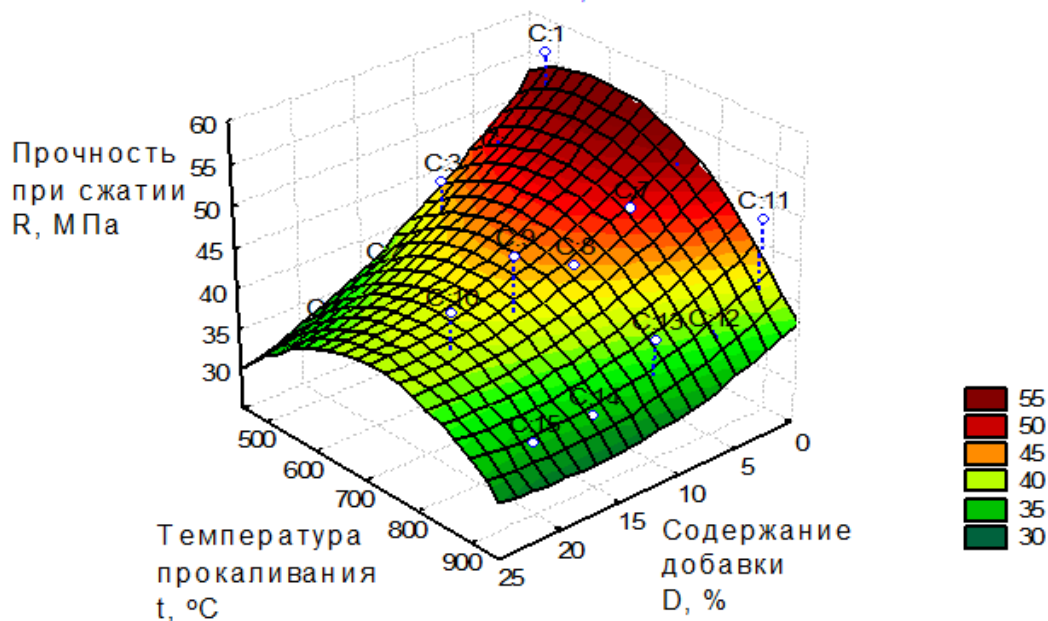


Рисунок 2 – Зависимость изменения прочности цементного камня от температуры прокаливания добавки газобетона и её количества в нормальных условиях твердения на 3 сутки

При анализе зависимости изменения прочности (рисунок 2) мы наблюдаем что прочность выше при небольшой температуре прокаливания добавки в пределах от 500-650 °C и добавлении её до 5%. С повышением температуры прокаливания и количества добавки прочность цементных образцов снижается. Максимальная прочность образцов достигается при введении добавки газобетона в количестве 1%, она в 50 % выше чем у контрольного состава.

$$R_3 \text{ сут (кир)} = (-0,02) \cdot D^2 - 0,002 \cdot t^2 + 0,01 \cdot D \cdot t - 0,81 \cdot D + 0,172 \cdot t + 4,59$$

$$R = 0,898$$

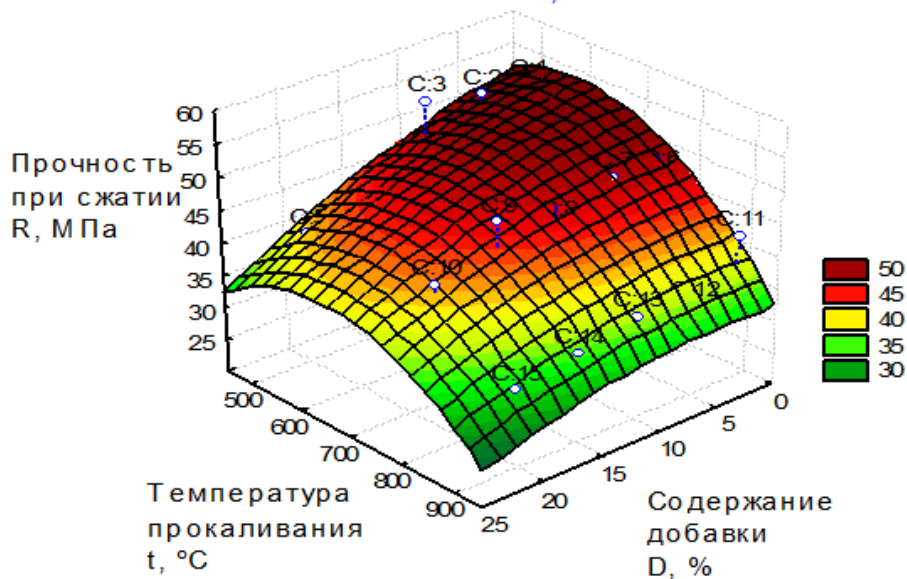


Рисунок 3 – Зависимость изменения прочности цементного камня от температуры прокаливания добавки силикатного кирпича и её количества в нормальных условиях твердения на 3 сутки

При анализе зависимости изменения прочности (рисунок 3) мы наблюдаем, что при введении силикатного кирпича наибольшая прочность достигается при температуре прокаливания добавки 500-650 °С, и её содержании до 5 %. Максимальная прочность наблюдается при введении 1% добавки. С увеличением количества добавки и повышением температуры прокаливания добавки прочность снижается.

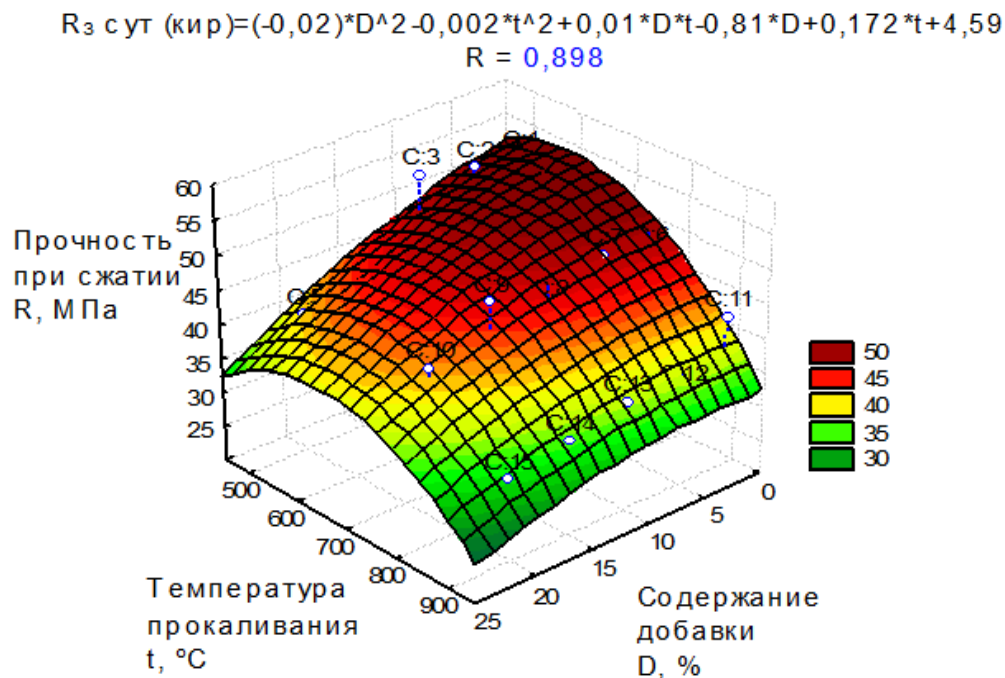


Рисунок 4 - Зависимость изменения прочности цементного камня от температуры прокаливания добавки газобетона и её количества при ТВО на 1 сутки

Из рисунка 4 мы наблюдаем наибольшую прочность принадлежащую образцам с добавкой газобетона количеством до 5 % и по увеличению процента добавки прочность снижается, что делает допустимым повышения прочности только при определённом количестве добавки до 5 %. В условия ТВО температура прокаливания добавки на прочность влияния оказывать не будет.

Выводы по работе можно сделать следующие: Наибольшая прочность образцов достигается при температуре прокаливания 500-650 °С, а также при введении добавок до 5-7% при нормальных условиях. Максимальная прочность образцов при введении 1% добавки. При ТВО наибольшая прочность достигается введением добавок до 5-7%, а температура прокаливания на прочность образцов не влияет. С повышением количества добавки прочность снижается, оптимальное введение количество добавки в пределах 1-10%. С повышением добавки силикатного кирпича, прочность цемента снижается, но остаётся всегда выше контрольного. Так же можно отметить хорошую альтернативу волластониту, это прокаленные молотые силикатный кирпич и автоклавный газобетон, при введении их в цемент до 10% прочность этих составов выше чем контрольного при НУ.

Список литературы

1 Ильина Л.В. Влияние механической активации минеральных добавок на прочность цементного камня /Л.В. Ильина, Г.И. Бердов// Известие вузов. Строительство – 2011, октябрь - № 11.

ВЛИЯНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ВОДОУДЕЛЕНИЕ ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Мосеевский И.С., Крупко А.А. – студенты, Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор,
Хижинкова Е. Ю. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При производстве стеновых панелей, кассетным способом одной из острых проблем является значительное водоотделение в процессе формирования высокоподвижных бетонных смесей. Для решения данной проблемы заводы по производству ЖБИ используют цементы с активными минеральными добавками повышающими их водоудерживающую способность. Однако существуют и другие способы уменьшения водоотделения бетонных смесей, в частности: увеличенный расход вяжущего или введение в состав бетона тонкодисперсных компонентов, например таких, как бентонит.

Целью исследования является определение влияния тонкодисперсного бентонита, а так же повышенное содержание вяжущего за счет добавления ВКЗ на водоотделение высокоподвижной бетонной смеси.

В работе были использованы следующие сырьевые материалы: ПЦ М400 Д20 ОАО "Искитим цемент" и ПЦ М400 Д20 с добавкой опоки Голухинского цементного завода; 5 проб высококальцевой золы с ТЭЦ - 3 г. Барнаула, с содержанием $CaO_{откр}$ 0,5-7,5 %; песок Обской с модулем крупности 1,3; щебень Шульгинского месторождения; суперпластификатор КДБ-Б.

Исследования проводились на составах бетонов с содержанием золы (ПЦ+ВКЗ): $(70+30)*1,15$; $(70+30)*1,2$; $(60+40)*1,3$; $(50+50)*1,5$, в которых масса вяжущего была увеличена в 1,15; 1,2; 1,3; 1,5 раз соответственно. Из этих составов изготавливалась высокоподвижная бетонная смесь с осадкой конуса 20 - 22 см и укладывалась в форму высотой 1 метр диаметром 110 мм. После чего форма закрывалась для того что бы избежать испарение воды с поверхности бетона. По истечении 1,5 часа с поверхности бетона собиралась отделившаяся вода.

В результате проведенного эксперимента установлено, что повышенное содержание вяжущего в бетонной смеси за счет высококальцевой золы экспоненциально понижает их водоотделение (рисунок 1).

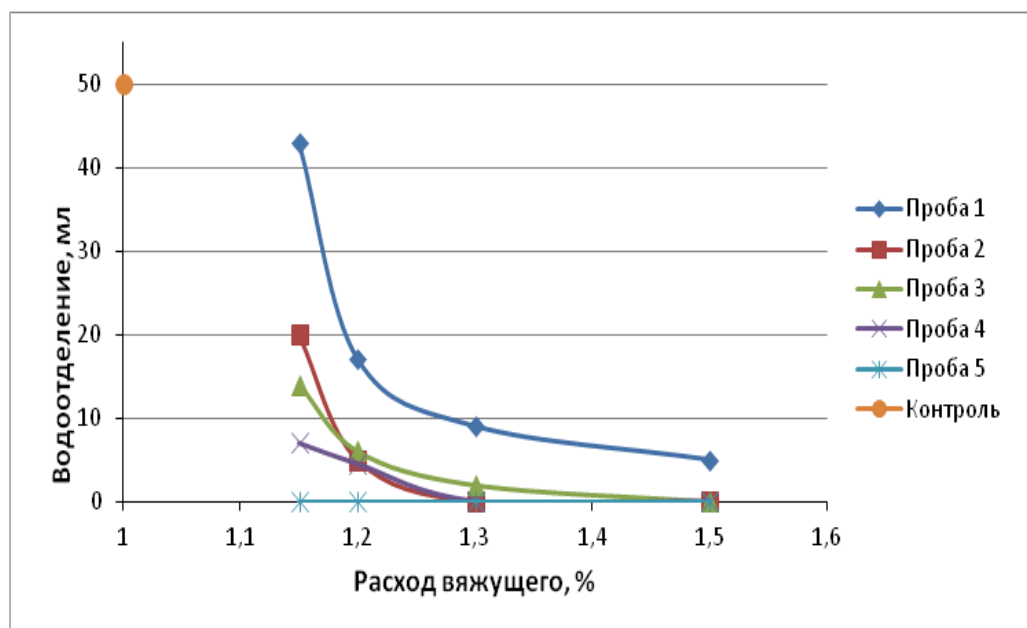


Рисунок 1 – Влияние расхода вяжущего на водоотделение. Искитимский цемент

Влияние свойств разных проб ВКЗ значительно проявляется при увеличении расхода вяжущего до 15 %. При 20 % избытка вяжущего вне зависимости от пробы золы водоотделение снижается почти в 3 раза, а при 30% - в 5 и более раз.

Другим способом снижения водоотделения является введение непосредственно в бетонную смесь тонкодисперсного водоудерживающего компонента - бентонита, как показал эксперимент (рисунок 2) введение в смесь бентонита в количестве 1,5% от массы цемента снижает водоотделение в 5 и более раз.

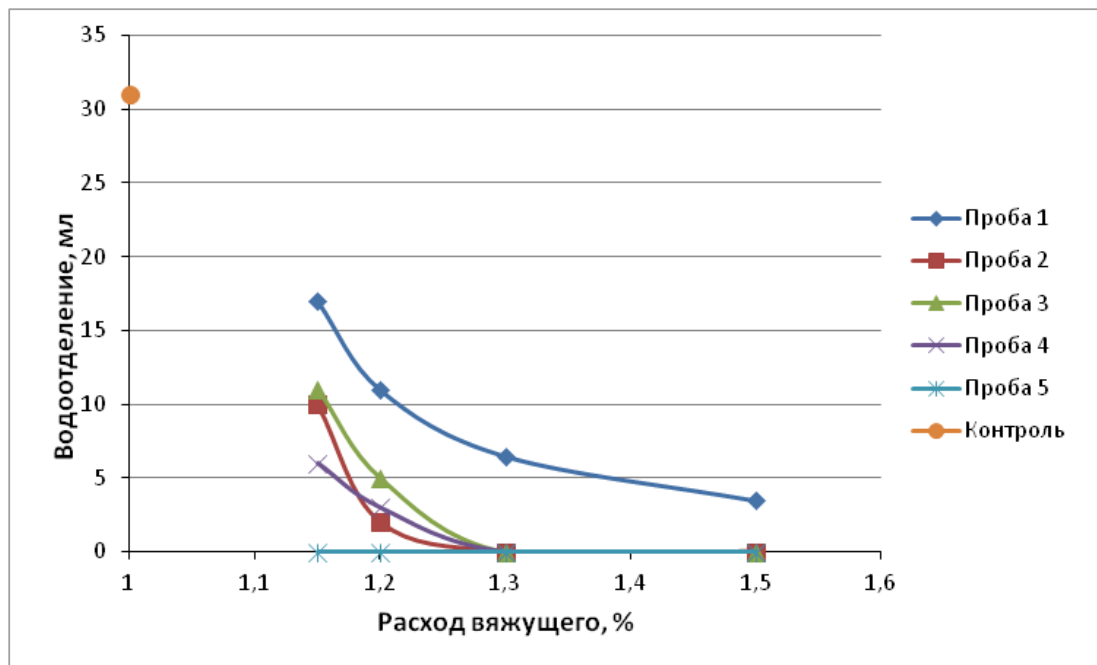


Рисунок 2 – Влияние расхода вяжущего на водоотделение. Голухинский цемент.

На уменьшение водоотделения влияет повышенное содержание вяжущего в бетонной смеси за счет ВКЗ (рисунок 3). 1,5 % - оптимальное содержание бентонита от массы цемента снижает водоотделение в 5 и более раз.

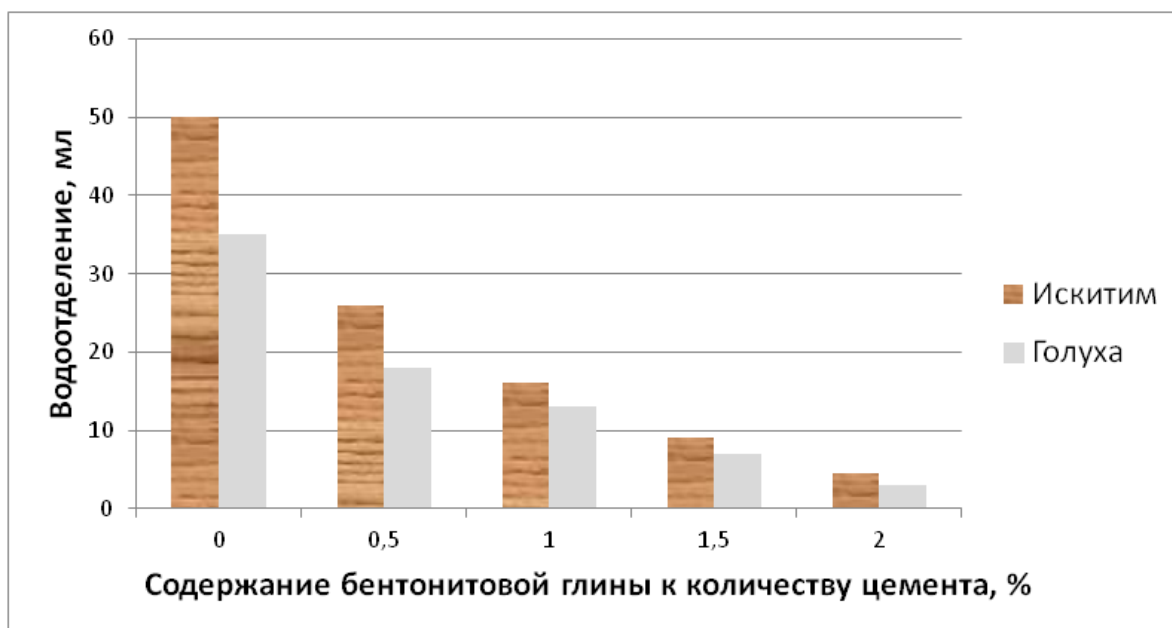


Рисунок 3 – Водоотделение от содержания бентонита.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ КАМНЯ ИЗ ВЫСОКОКАЛЬЦЕВЫХ ЗОЛ

Панфилкин В.О., Рубанов А.М. – студенты, Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор,
Хижинкова Е.Ю. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Известно, что скрытую гидравлическую активность доменного гранулированного шлака (ДГШ) можно повысить с помощью химических добавок. Этими же добавками можно ускорить гидратацию пережога в высококальцевой золе (ВКЗ), а так же ускорить формирование этtringитоподобных фаз, и тем самым увеличить прочностные характеристики золы.

Целью работы является сравнительное исследование влияние химических добавок на прочность камня из ВКЗ.

В работе были использованы следующие сырьевые материалы: 2 пробы высококальцевой зола с ТЭЦ - 3 г. Барнаула, с содержанием $\text{CaO}_{\text{откр}}$ 6,1 % и 3,1 %; доменный гранулированный шлак; химические добавки CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaCl , $\text{Ca}(\text{CH}_2\text{COOH})$, $\text{Ca}(\text{COOH})_2$; известь молотая.

Исследования проводились на образцах-кубиках 20*20*20 мм, которые формовались из предварительно загашенной в автоклаве ВКЗ совместно помолотой с 10%CaO(ВКЗ+10%CaO), из ВКЗ и ДГШ с химическими добавками CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaCl в количестве 3 % и 5 % от массы вяжущего, и $\text{Ca}(\text{CH}_2\text{COOH})$, $\text{Ca}(\text{COOH})_2$ в количестве 1 % и 2 %. Испытание проводились через 3, 7 и 28 суток в нормальных условиях и тепловлажностной обработки по режиму 3-6-3 при температуре 60 °С.

В результате проведенного эксперимента выявлено, что все химические добавки повышают прочность у камня из ВКЗ и камня из предварительно гашеной в автоклаве ВКЗ совместно помолотой с 10%CaO на ранних сроках твердения (рисунок 1). В 28-е сутки лишь 2 добавки показывают высокие прочностные характеристики: CaCl_2 и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (рисунок 2).

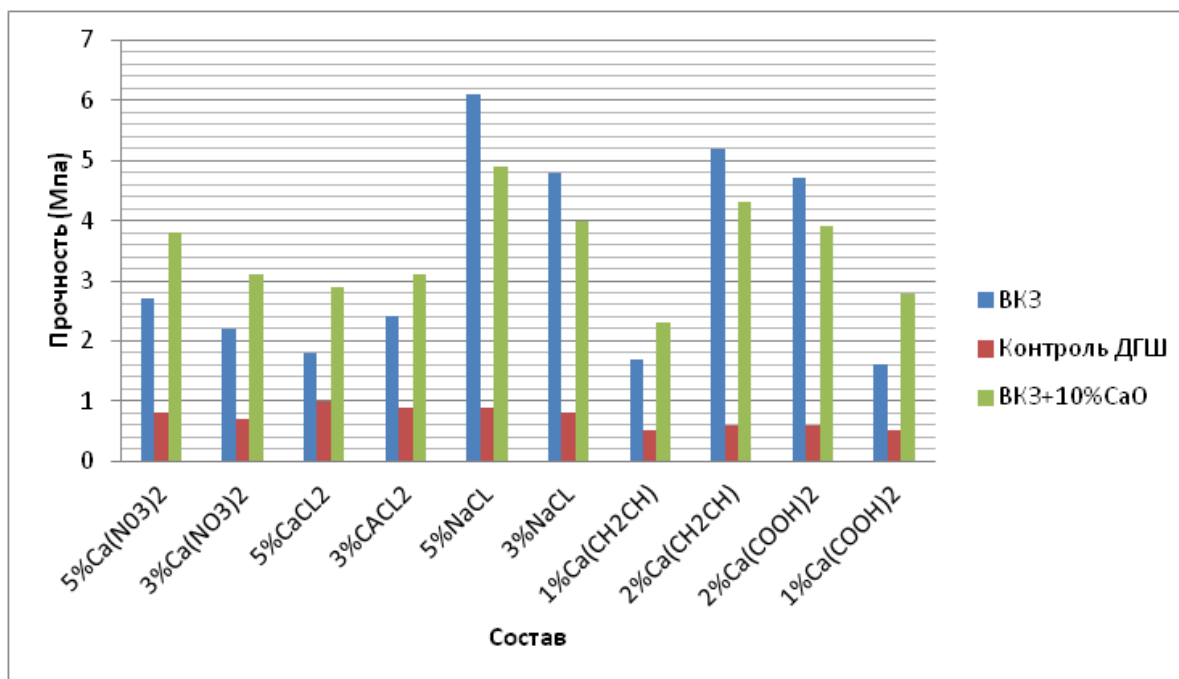


Рисунок 1 – Прочность ВКЗ и предварительно гашеной в автоклаве ВКЗ совместно помолотой с 10%CaO в зависимости от добавки через 3 суток при нормальных условиях твердения

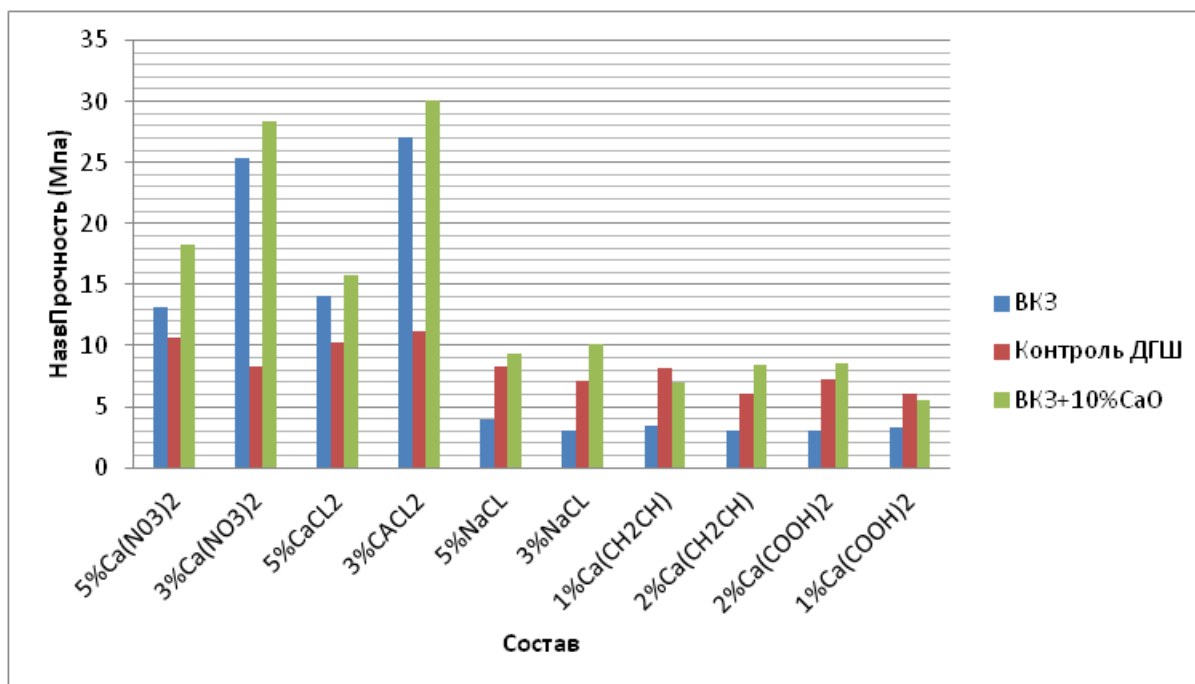


Рисунок 2 – Прочность ВКЗ и предварительно гашеной в автоклаве ВКЗ совместно помолотой с 10%CaO в зависимости от добавки через 28 суток при нормальных условия твердения

Так же в процессе эксперимента было замечено, что все испытываемые образцы после тепловлажностной обработки показывали высокую прочность по сравнению с контролем (рисунок 3).

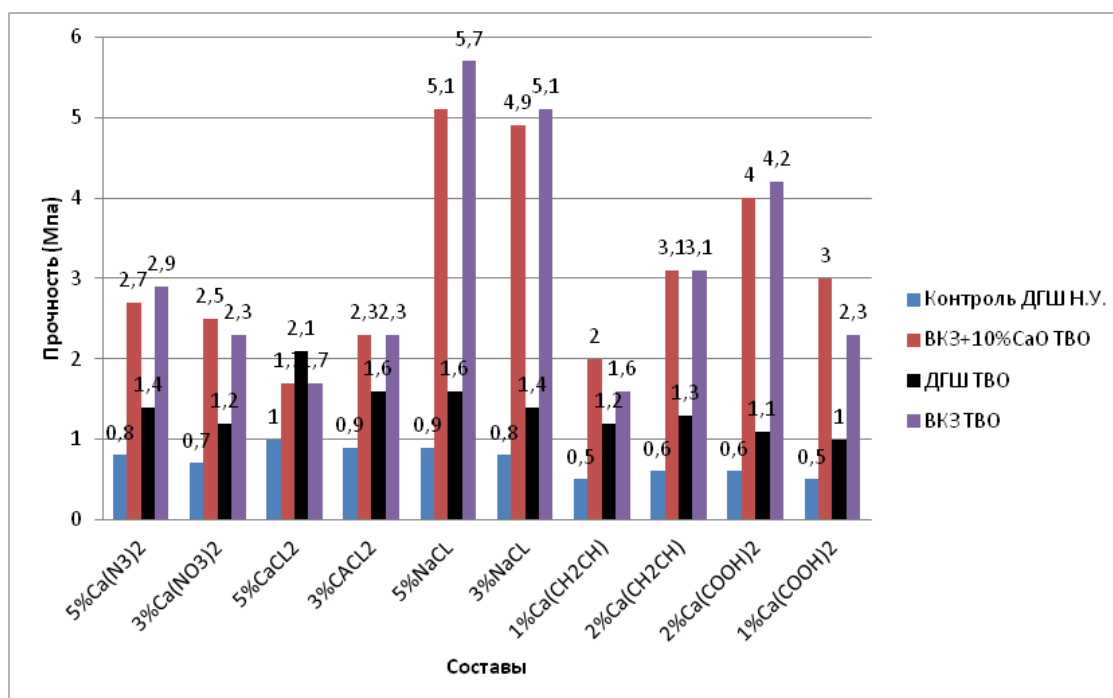


Рисунок 3 – Прочность ВКЗ, предварительно гашеной в автоклаве ВКЗ совместно помолотой с 10%CaO, ДГШ в зависимости от добавки после тепловлажностной обработки.

В результате исследования были выявлены две добавки которые больше остальных влияют на прочностные характеристики камня из ВКЗ, камня из предварительно гашеной в автоклаве ВКЗ совместно помолотой с 10%CaO и ДГШ: CaCl₂, Ca(NO₃)₂ (рисунок 4).

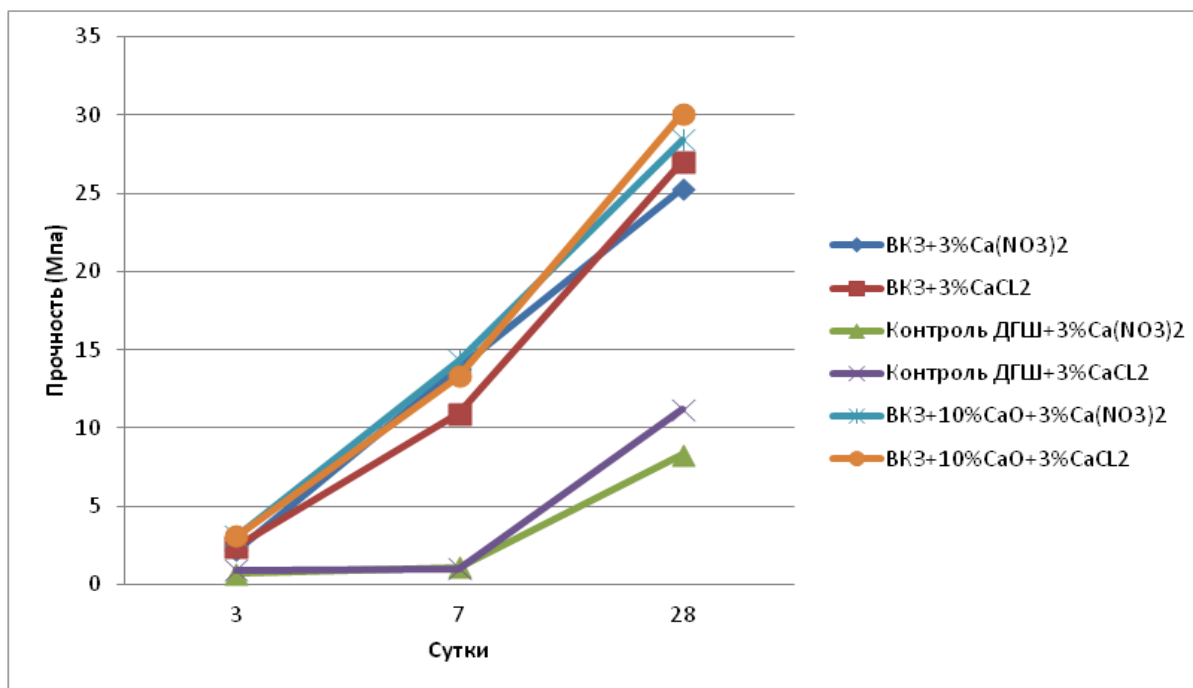


Рисунок 4 - График набора прочности для ВКЗ, предварительно гашеной в автоклаве ВКЗ совместно помолотой с 10%CaO и ДГШ с добавками CaCl₂, Ca(NO₃)₂

Так же рассмотрено влияние на прочность камня из ВКЗ и камня из предварительно гашеной в автоклаве ВКЗ совместно помолотой с 10 % CaO с лучшими химическими добавками от количества добавок и содержание CaO_{откр} (рисунок 5 и рисунок 6).

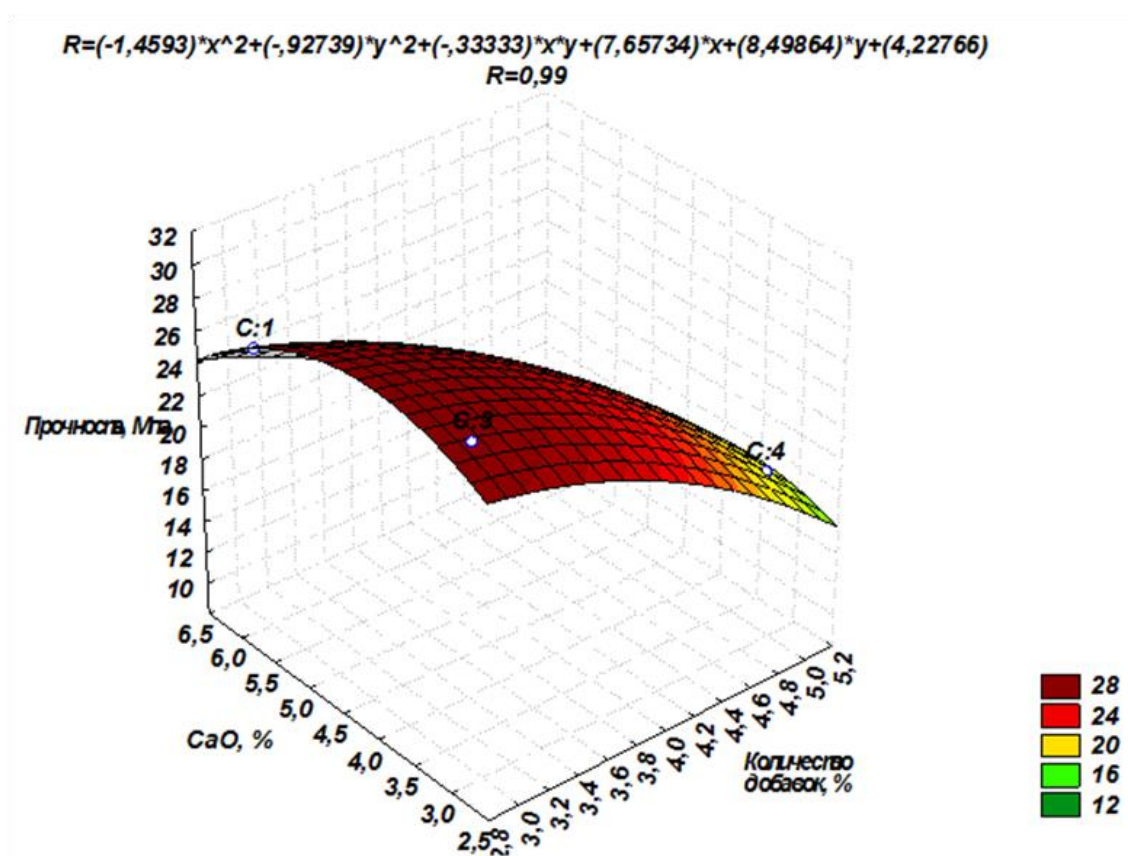


Рисунок 5 - Прочность камня из ВКЗ и камня из предварительно гашеной в автоклаве ВКЗ совместно помолотой с 10%CaO с добавкой Ca(NO₃)₂ от количества добавок о содержание CaO_{откр} через 28 суток нормального твердения

КИСЛЫЕ ЗОЛОШЛАКИ КАК КОМПОНЕНТ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Мальцев В.В., Петухов А.С. – студенты, Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время в производстве цемента и бетонов широкое распространение получило внедрение различных добавок. Наиболее часто применяемой добавкой является доменный гранулированный шлак (ДГШ). Однако внедрение ДГШ требует больших финансовых затрат, которые заключаются в дорогой транспортировке и ограниченном количестве источников. Это вынуждает производителей цемента и бетонов искать более дешевую альтернативу данному материалу. Одной из таких альтернатив могут послужить золошлаковые отходы (ЗШО), получаемые в результате сгорания каменного угля, применяемого в качестве топлива в разных отраслях промышленности. Кроме того, использование ЗШО может помочь в решении экологических проблем, связанных с загрязнением окружающей среды.

Целью проведенных в ходе работы исследований было выяснить, целесообразно ли использовать в качестве добавок в цементы золошлаковые отходы в качестве частичной или полной замены доменного граншлака. Основной задачей исследований являлось сохранение или улучшение прочностных характеристик испытываемого материала.

В качестве сырьевых материалов были использованы: клинкер Голухинского цементного завода, ДГШ ЗСМК Запсиб, гипсовый камень Иркутского месторождения, ЗШО ТЭЦ-2 города Барнаула, мраморная крошка.

В ЗШО присутствовал недогоревший уголь (угольная пыль), который негативно влияет на прочностные характеристики цементного камня, поэтому золошлаки дожигали в муфельной печи при температуре 800 °С.

Клинкер, гипсовый камень и мраморная крошка подвергались дроблению с последующим совместным помолом в лабораторной шаровой мельнице МБЛ 5, до получения порошка с заданной удельной поверхностью, равной заводскому цементу. Данная дисперсность достигается при 100% энергии помола за которые приняты затраты энергии на стандартный помол 95% клинкера и 5% гипсового камня для портландцемента. Готовый материал получался с удельную поверхность от 3252,63 м²/г до 3854,14 м²/г и остатком на сите 008 от 5% до 12%.

Готовилось цементное тесто нормальной густоты, из которого формовалось в кубики размером 20×20×20 мм. Заформованные образцы твердели в нормальных условиях в течение 28 суток. Испытания на прочность проводились на 1, 3, 7 и 28 сутки. Так же проводилась тепло-влажностная обработка образцов в режиме 3-6-3 при 60 °С. За контроль принимался портландцемент с добавлением 14% ДГШ.

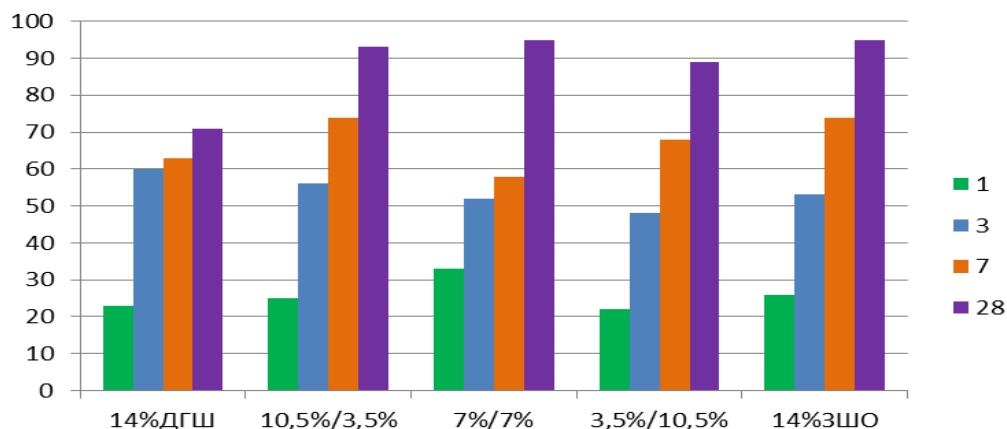


Рисунок 1 – Прочность цементов с различным содержанием ЗШО при твердении в нормальных условиях на 1,3,7 и 28 сутки (6 %гипсового камня)

В ходе исследования были рассмотрены портландцементы с различным содержанием ДГШ и кислых ЗШО при одинаковой энергии помола 100%.

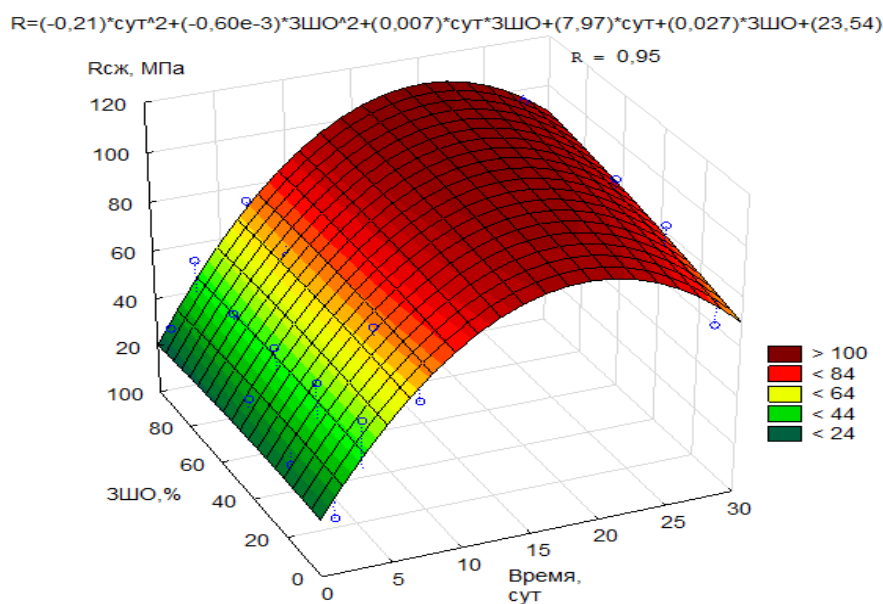


Рисунок 2 - Зависимость набора прочности цементного камня во времени от процентного содержания ЗШО в составе минеральной добавки (6% гипсового камня)

На рисунках 1 и 2 показана зависимость прочности от количества ЗШО. При увеличении доли ЗШО уже в ранние сроки наблюдается повышение прочности относительно контроля. К 28 суткам прочность увеличивается с увеличением доли ЗШО.

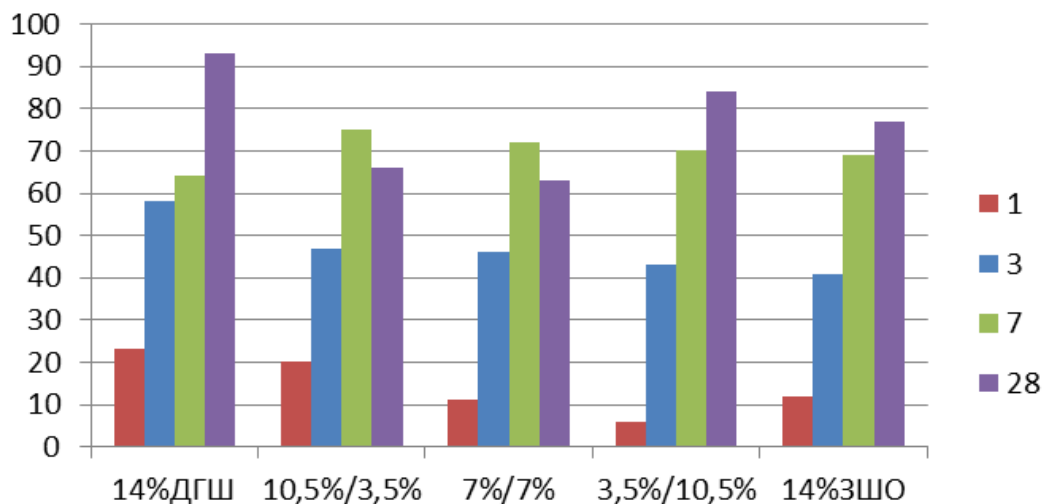


Рисунок 3 – прочность цементов с различным содержанием ЗШО при твердении в нормальных условиях на 1,3,7 и 28 сутки (3% гипсового камня + 3% CaCO₃)

Но при замене в составе цемента части гипса на карбонат кальция (рисунок 3,4) прочность на ранних сроках значительно уступает контролю, но к 28 суткам прочность образцов с большим содержанием ЗШО превышает контроль.

$$R = (-0,36) \cdot \text{сут}^2 + (0,003) \cdot \text{ЗШО}^2 + (0,003) \cdot \text{сут} \cdot \text{ЗШО} + (12,35) \cdot \text{сут} + (-0,49) \cdot \text{ЗШО} + (18,15)$$

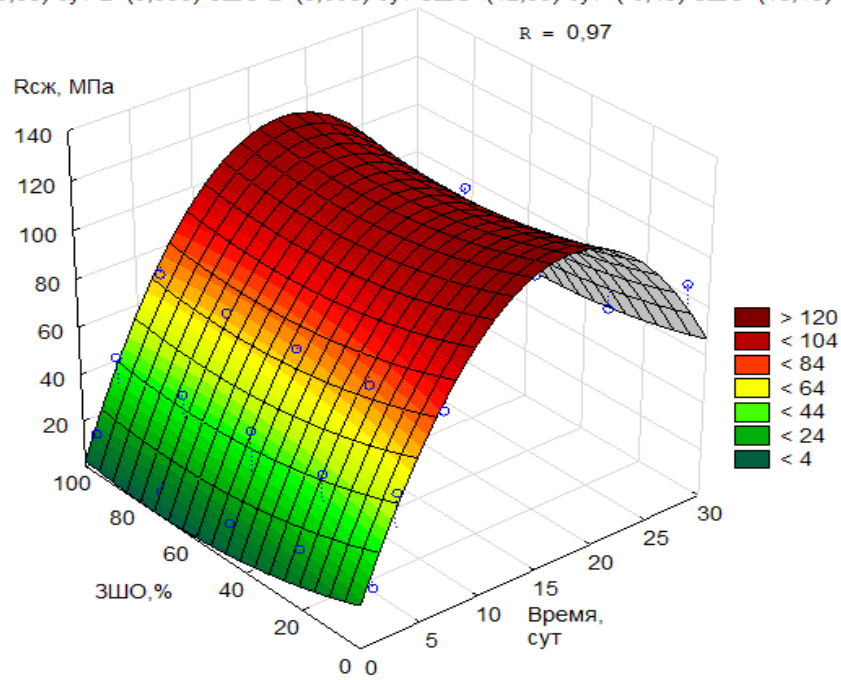


Рисунок 4 - Зависимость набора прочности цементного камня во времени от процентного содержания ЗШО в составе минеральной добавки (3% гипсового камня + 3%CaCO₃)

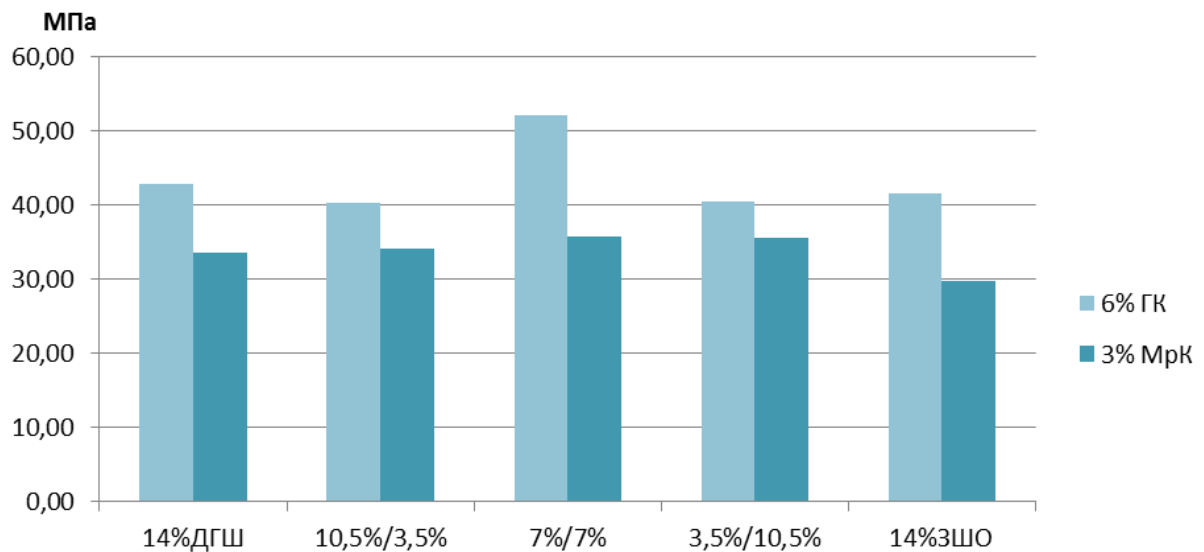


Рисунок 5 – прочность цементов различных составов после тепловлажностной обработки при режиме 3-6-3, 60 °С.

После тепловлажностной обработки образцы на ранних сроках не дали однозначных результатов (рисунок 5). Но, тем не менее, можно сделать вывод о том, что образцы с содержанием 3% карбоната кальция обладают более низкой прочностью, чем контроль и образцы с 6% гипса.

Выводы по работе можно сделать следующие: при твердении в нормальных условиях образцы с более высоким содержанием ЗШО показывают более высокую прочность как на ранних сроках твердения, так и к 28 суткам, использование ЗШО в качестве компонента портландцемента целесообразно и имеет перспективы.

ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕ-УСКОРЯЮЩИЕ ДОБАВКИ В ЦЕМЕНТ И ЗОЛОЦЕМЕНТНЫЕ ВЯЖУЩИЕ

Халахин С.А., Панченко Г.Н. – студенты, Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор,
Хижинкова Е.Ю. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Современное производство ЖБИ не осуществляется без применения пластифицирующих добавок. Их эффект обычно сравнивается в бетонах с уменьшенной величиной В\Ц за счет эффекта эти добавок. Однако остается неизвестным эффект этих добавок при неизменном (высоком) В\Ц отношении. Этот вопрос так же актуален для смешанных цементно-зольных композиций.

Целью настоящей работы является выявление эффективного действия пластифицирующе-ускоряющих добавок в цементных и цементно-зольных композициях при неизменном В\Ц.

Для проведения эксперимента был взят ПЦ400 Д20 производства ОАО «ИскитимЦемент», отобрано несколько проб ВКЗ с Барнаульской ТЭЦ-3 и пластифицирующе-ускоряющие добавки КДБ-А, КДБ-Б, «Реламикс Т-2», «Глениум-115».

Изучение изменения прочности цементного камня проводилось на образцах-кубиках размером 2х2х2 см. Были составлены смеси из ПЦ и ВКЗ, прибавляя ВКЗ в количестве 0 %, 20 %, 30 %, 40 % и 50 %. Эти смеси затворялись водой и раствором с добавками (0,6 % от массы вяжущего) до водоцементного отношения, равного ТНГ, 0.45, 0.65. Затем полученные образцы испытывались на прочность при сжатии по пришествию 3, 7, 28 суток твердения в нормальных условиях и после ТВО. Режим ТВО 3-6-3 при 60 °С.

На рисунках 1 и 2 показана эффективность действия исследования добавок в цементных и зольно-цементных композициях с различным В\Ц при нормальных условиях. Как видно, все добавки, кроме «Глениум-115», ухудшают прочность камня при неизменном В\Ц, а значит ухудшают их структурообразование. В цементно-зольных композициях (рисунок 2) общая закономерность сохраняется, но не отличается от значительного уменьшения прочности в композициях, по сравнению с цементно-зольными композициями без добавок.

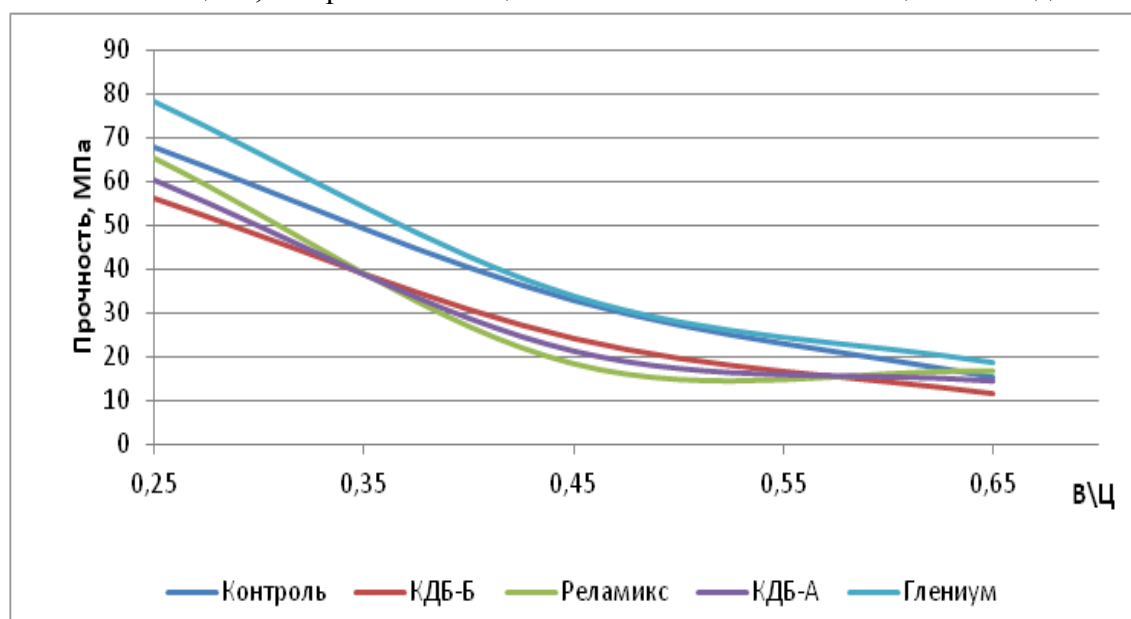


Рисунок 1 – Зависимость прочности от В\Ц в цементном камне

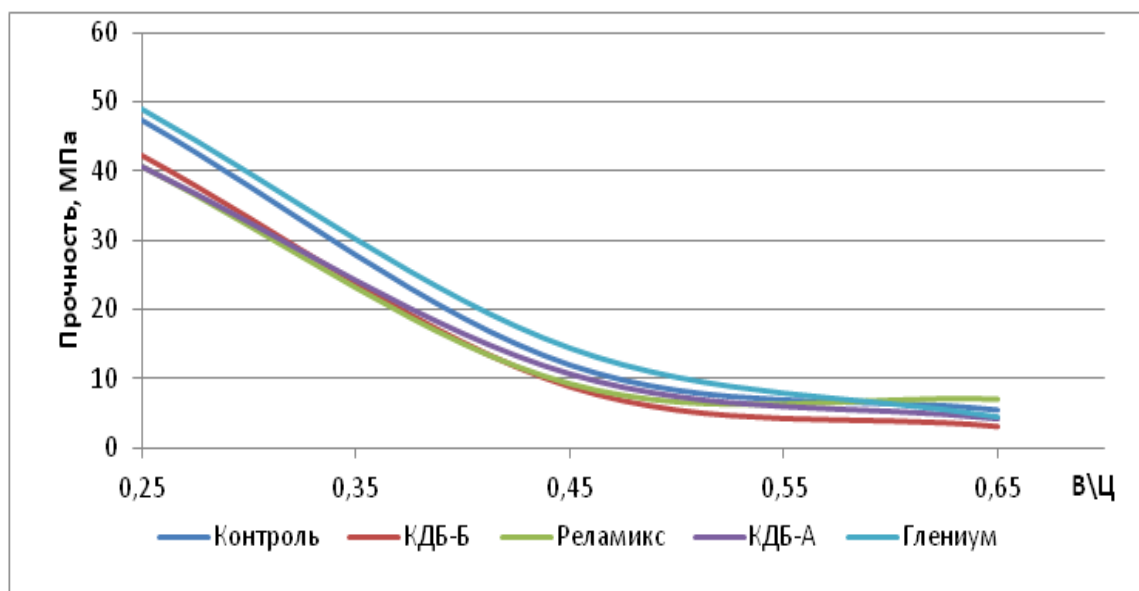


Рисунок 2 – Зависимость прочности от В\Ц в цементно-зольном камне

После тепловлажностной обработки (рисунок 3) композиций из ТНГ ситуация значительно изменится. Композиции с «Глениумом» значительно уступают по прочности как контрольному составу, так и составам с другими пластифицирующими добавками. Однако эта разница исчезает при увеличении доли добавки ВКЗ к цементу.

В композиции с В\Ц равном 0,65 (рисунок 4) картина резко отличается: добавка «Глениум» формирует камень со значительно более высокой прочностью, а все другие добавки примерно находится на уровне контроля.

Таким образом, пластифицирующе-ускоряющие добавки различным образом влияют на структурообразование цементного камня. Гиперпластификатор «Глениум», особенно в смесях с высоким В\Ц, обладает хорошей способностью к структурообразованию цементного камня, и прочность камня на «Глениуме» всегда опережает прочность камня без добавок. Другая группа добавок («Реламикс», КДБ-Б, КДБ-А) ухудшает структуру образования цементного камня, особенно при нормальном твердении, кроме твердения цемента при пропаривании. Полученные данные следует учитывать при производстве бетонов разной подвижности.

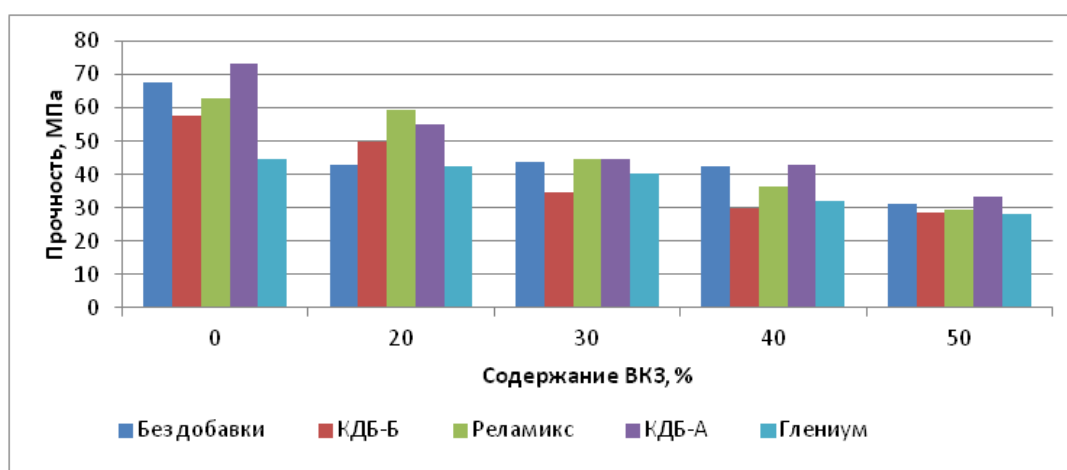


Рисунок 3 – Влияние добавок на цементные и цементно-зольные композиции для жестких бетонных смесей (ТНГ) при пропаривании

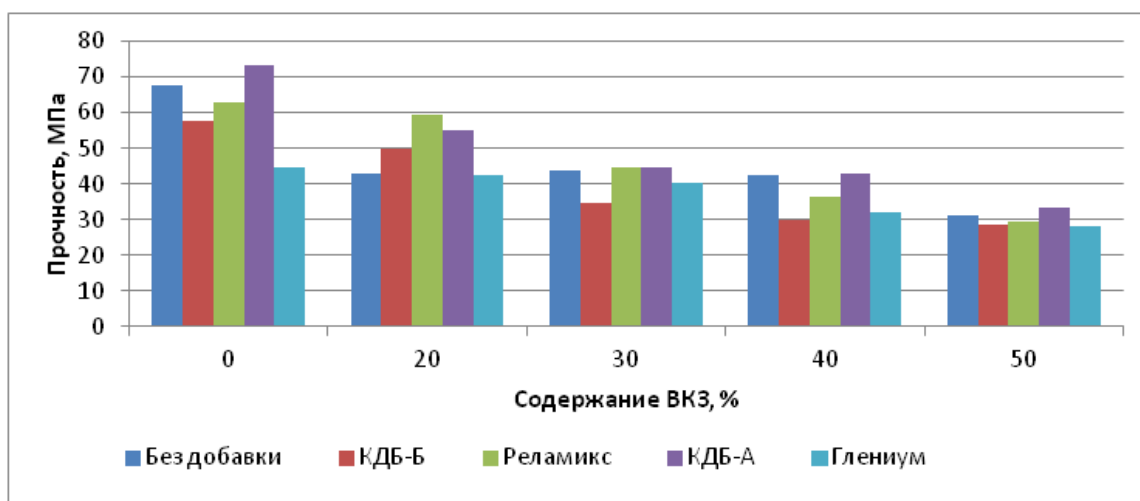


Рисунок 4 - Влияние добавок на цементные и цементно-зольные композиции для высокоподвижных бетонных смесей (В/Ц равном 0,65) при пропаривании

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЫСОКОЗОЛЬНЫХ БЕТОНОВ

Кошелев Е.В., Шмыков В.Н. – студенты, Хижинкова Е.Ю. к.т.н., доцент,

Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время изготовление стеновых панелей кассетным способом является перспективным и развивающимся производством. Однако использование высокоподвижных бетонных смесей связано с повышенным расходом цементного вяжущего, что в значительной мере сказывается на стоимости бетонных изделий. Одним из способов решения данной проблемы может являться введение в состав бетона высококальциевых зол (ВКЗ) от сжигания бурых углей. При этом высококальциевая зола оказывает как положительное, так и отрицательное влияние на структуру и прочностные свойства железобетонных изделий.

Целью исследования является определение влияния содержания ВКЗ на прочностные и деформационные характеристики бетона, изготовленного из высокоподвижной бетонной смеси.

В работе использовались сырьевые материалы: ПЦ М400 Д20 ОАО "ИскитимЦемент" и ПЦ М400 Д20 с добавкой опоки Голухинского цементного завода; высококальциевая зола ТЭЦ - 3 г. Барнаула, с содержанием $CaO_{своб.сум}$ 7,5 %; песок Обской с модулем крупности 1,3; щебень Шульгинского месторождения; суперпластификатор КДБ-Б.

Испытания проводились на разных составах бетонной смеси с содержанием золы в вяжущем 30, 40, 50 % , причем доля вяжущего увеличивалась в 1,15; 1,2; 1,3; 1,5 раза за счет уменьшения доли щебня. Из этих составов $(70+30)*1,15$; $(70+30)*1,2$; $(60+40)*1,3$; $(50+50)*1,5$ изготавливалась высокоподвижная бетонная смесь с осадкой конуса 20 см и укладывалась в формы 4*4*16(см) и такие же формы с реперами. Образцы-балочки испытывались на изгиб и сжатие после тепловлажностной обработки (ТВО) и после 28 суток. Также определялось удлинение на первые сутки после ТВО, через 28 суток и после автоклавной обработки при 10 и 20 атмосферах.

На первом этапе эксперимента исследовалось влияние содержания ВКЗ на прочностные характеристики бетона. Было установлено, что прочность голухинского цемента выше по сравнению с искитимским. Превышение прочности колеблется в пределах от 3 до 40 %, в среднем оно составляет около 20 %. Рассматривая прочностные характеристики отдельно каждого цемента было установлено, что увеличение содержания ВКЗ для голухинского

цемента способствует снижению прочности. Для искитимского цемента был выявлен оптимальный состав, прочностные характеристики которого превосходили остальные результаты в среднем на 16 - 18 %. (рисунок 1).

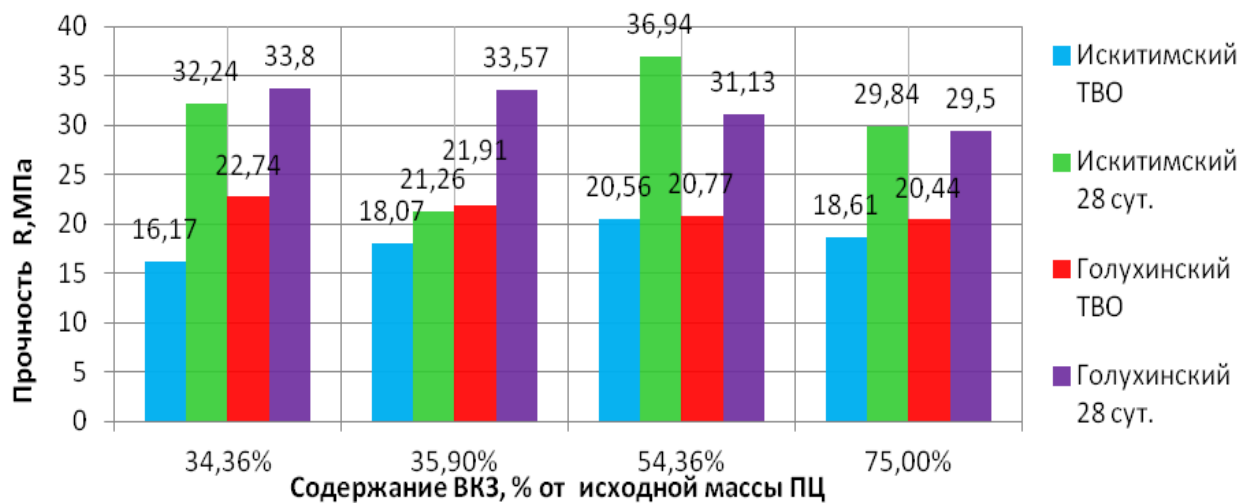


Рисунок 1 - Влияние ВКЗ на прочность при сжатии на примере Искитимского и Голухинского цементов, после ТВО и на 28 сутки.

В рамках проведения второго этапа эксперимента определялось влияние содержания ВКЗ на удлинение образцов. Так же рассматривалось величина удлинения бетонных образцов не только после тепловлажностной обработки, но и после автоклавной. Необходимость проведения автоклавирования обуславливается тем, что высококальциевая зола содержит не только пережженный СаО, но и MgO. Из графиков (рисунки 2 и 3) было выявлено, что увеличение содержания ВКЗ способствует увеличению удлинений. Наибольшие собственные деформации наблюдаются после автоклавной обработки при 20 атмосферах как для голухинского, так и для искитимского цемента.

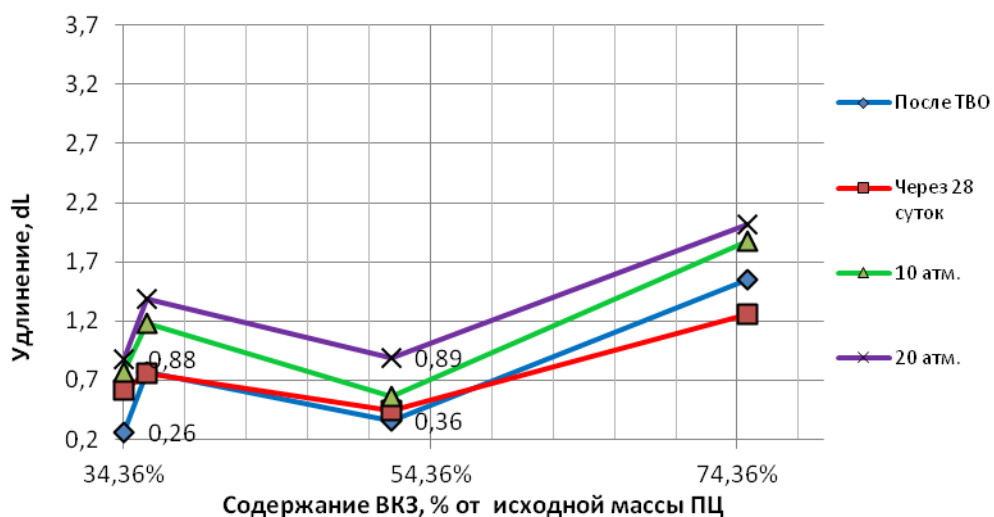


Рисунок 2 - Влияние содержания ВКЗ на удлинение образцов-балочек на искитимском цементе

Для Искитимского цемента наиболее оптимальным оказался состав бетона с соотношением в вяжущем ПЦ+ВКЗ=(60+40)*1,3 (содержание ВКЗ 54 % от массы исходного цемента), который дал удлинение 0.89 %.

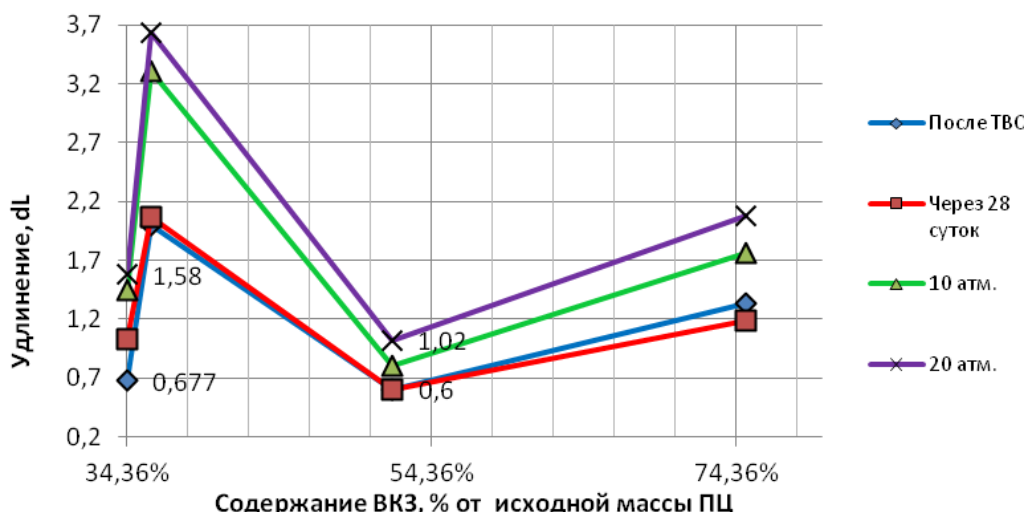


Рисунок 3 - Влияние содержания ВКЗ на удлинение образцов-балочек на голухинском цементе

Для голухинского цемента наиболее оптимальным также оказался состав с содержанием ВКЗ 54 %, который дал наименьшее удлинение 1,02 %, которое значительно отличается от других.

ВЛИЯНИЕ ХИМДОБАВОК И ВКЗ ТЭЦ НА СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Зуйкова Е.М., Боечко О.Н. - студенты, Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Современное производство железобетонных конструкций не осуществляется без применения пластифицирующих и других типов добавок. Это особенно актуально для кассетной технологии изделий крупнопанельного домостроения (КПД), так как в этом случае применяются смеси с высокой подвижностью ОК = 20 см. Кроме этого, такие высокоподвижные смеси требуют большого расхода цемента (более 400 кг/куб. метр). Поэтому, кроме пластифицирующих, требуются добавки, позволяющие экономить цемент. В настоящей работе в сравнении рассматриваются некоторые пластифицирующие добавки и высококальциевая зола ТЭЦ в качестве компонента, экономящего цемент.

В исследованиях использовались сырьевые материалы КЖБИ-2 и стандартные пластификаторы бетонных смесей, распространенные на рынке: Реламикс Т-2, Глениум 115, КДБ, высококальциевая зола (ВКЗ), образовавшаяся при сжигании бурого угля Канско-Ачинского месторождения на Барнаульской ТЭЦ-3.

На Барнаульском КЖБИ-2 в качестве пластифицирующих и ускоряющих добавок для таких бетонов применялись Реламикс Т-2 и Глениум 115. Эти добавки достаточно дорогостоящие, поэтому на первом этапе были проведены испытания этих добавок в сравнении с менее дорогими КДБ-А и КДБ-Б, представляющими собой комплекс из пластификатора на основе лигносульфонатов и ускорителей твердения на хлоридной основе (КДБ-А) и бесхлоридных (КДБ-Б).

Результаты сравнительных испытаний добавок показывают, что КДБ-А и КДБ-Б не уступают по пластифицирующему и ускоряющему действию Реламиксу Т-2, но дешевле последнего в 1,5 раза. Поэтому данные добавки внедрены в производство на КЖБИ-2.

На следующем этапе исследовали эффективность экономии цемента за счёт ВКЗ в присутствии добавок КДБ. Ранее в работах Плотниковой Л. Г. с соавторами была показана возможность экономии 10-15 % цемента за счёт применения ВКЗ. Однако, совместное действие ВКЗ и пластифицирующих добавок в этих работах не рассматривалось.

Для того, чтобы определить оптимальное количество золы в бетоне, производились сравнительные испытания составов вяжущего с цементно-зольным отношением 60:40, 70:30

и 80:20 и с добавками КДБ-А и КДБ-Б. При этом, при увеличении количества золы в вяжущем, увеличивалось количество смешанного золо-цементного вяжущего в бетонной смеси. При цементно-зольном отношении 80:20 данное увеличение составляет 10%, при отношении 70:30 20%, а при цементно-зольном отношении 60:40 увеличение количества смешанного золо-цементного вяжущего в бетонной смеси составляет 30%.

Сравнение данных графиков показывает, что вяжущее с любой из двух добавок КДБ-А или КДБ-Б по прочностным характеристикам показывает примерно одинаковые результаты. Но, при этом, добавка КДБ-А имеет в своём составе хлориды, что отрицательно сказывается на коррозионной стойкости преднапряженного железобетона. Поэтому, для дальнейших исследований, мы выбираем добавку КДБ-Б.

Из предварительных исследований на кафедре Строительных Материалов было известно, что оптимальная замена цемента золой находится в пределах 20-40 %. Поэтому оптимизацию добавки ВКЗ проводили в этих пределах. Кроме этого известно, что свойства ВКЗ могут изменяться в широких пределах от партии к партии. Поэтому были проведены статистические исследования с 20 разными пробами золы.

Результаты эксперимента показывают, что можно определить оптимальные составы бетонных смесей по показателям свойств золы: например, по СаОсв.откр, по ΔТ, и тем самым определить дозировку золы.

Так, из рисунка 1 видна оптимальная дозировка и оптимальные характеристики золы. Уменьшение прочности для высокоосновных зол является кажущимся, так как из рисунка 2 видно, что не отмечается уменьшения прочности ниже 100%.

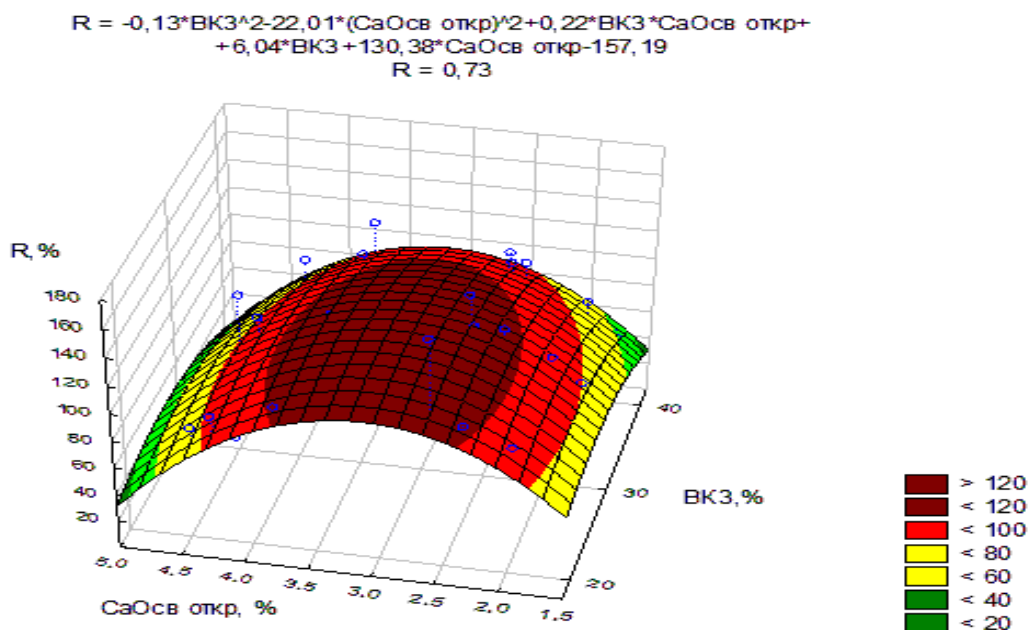


Рисунок 1 - Взаимосвязь трёх показателей: прочности (% от контроля), содержания ВКЗ (% в вяжущем) и СаОсв.откр (%) в золе

Так, из рисунка 1 видна оптимальная дозировка золы в 30 % в вяжущем и оптимальное содержание в ней свободной извести в пределах 2,5-4,5 %.

В выбранных пределах дозировки золы, прочность бетонов в основном зависит от свойств золы, и при оптимальной её основности превышает контрольную. При этом золы с низкой основностью (СаОсв.откр меньше 1,5-2,0 %) во всех составах показывают прочность несколько ниже контрольной. Наибольшая прочность наблюдается при содержании золы в вяжущем 30% по массе. При этом содержание свободного оксида кальция в данной золе составляло 3%.

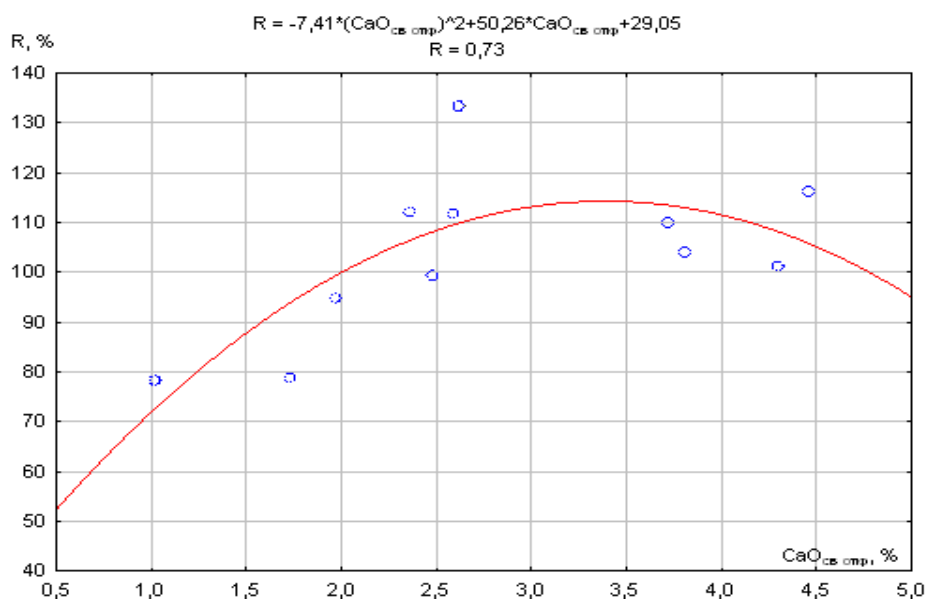


Рисунок 2 - Зависимость прочности бетона от содержания свободного оксида кальция в золе (дозировка золы составляет 30% от массы вяжущего).

Зависимость на рисунке 2 подтверждает тенденцию, проявляющуюся на рисунке 1. Оптимальное содержание свободного оксида кальция в золе составляет 2,5-4%.

ВОДОУДЕЛЕНИЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ АКТИВНЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

Левченко А.А., Ситников А.А. – студенты, Буйко О.В. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При производстве крупноразмерных железобетонных изделий из бетонных смесей высокой подвижности, особенно при их вертикальной формовке, зачастую возникает проблема повышенного водоотделения бетонной смеси.

Есть несколько вариантов снизить величину водоотделения портландцементных материалов, предназначенных для вертикальной формовки. В основном эти способы связаны с использованием добавок. Одним из вариантов является – введение в цементные составы активных минеральных добавок, способствующих интенсивному связыванию свободной воды, в том числе, благодаря своему строению.

Изменение величины водоотделения наиболее наглядным способом просматривается при отдельном исследовании портландцементных систем. Поэтому эксперимент проводился непосредственно на вяжущих. Методика проведения описана в ГОСТ 310.6-85. Величина активности портландцементных составов определялась на кубиках размером 2×2×2 см после 28 суток твердения в нормальных условиях.

В эксперименте использовались: портландцементный клинкер ($C_3S=63,1$ %, $C_2S=13,5$ %, $C_3A=7$ %, $C_4AF=13,8$ %) производства ОАО «Цемент»; ст. Голуха, двуводный гипс, Иркутская область, пос. Нокута ($CaSO_4 \cdot 2H_2O=59,94$ %, $SO_3=27,28$ %); доменный гранулированный шлак, г. Новокузнецк; опока с месторождения Самарской области ($SiO_2=69,87$ %, $Al_2O_3=9,13$ %, $Fe_2O_3=4,7$ %, $CaO=2,34$ %, $MgO=1,82$ %, $SO_3=0,39$ %); бентонит ($CaO=2,2$ %, $MgO=1,56$ % - щелочноземельный), доставляемый с предприятия ОАО «Бентонит», г. Курган; метакаолин ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), г. Москва; клинкер высокоглиноземистый цементный, класс 70Б (КВЦ-70Б) Ключевская обогатительная фабрика, г. Двуреченск, Свердловская область.

						%	%	%	
1	98,5	1,5	-	-	-	-	-	2	58,8
2	97	3	-	-	-	-	-	18	65,5
3	95	5	-	-	-	-	-	21	68,8
4	73,75	6,25	20	-	-	-	-	22,4	78,2
5			17	3	-	-	-	21,6	74,2
6			13	7	-	-	-	13,2	69,3
7			18,5	-	1,5	-	-	20,6	70,3
8			17	-	3	-	-	18	61
9			18,5	-	1,5 сусп.	-	-	11,2	65,7
10			17	-	3 сусп.	-	-	6	57,3
11			17	-	-	3	-	20,3	78,2
12			13	-	-	7	-	13	70,9
13			19	-	-	-	1	21	-
14	17	-	-	-	3	18,8	-		

При проведении экспериментов с бентонитом, было установлено, что способ его введения в цементную систему, существенно меняет и процент водоотделения. Так, 3 % бентонита, используемого в виде порошка, показали 18 % водоотделения, а то же количество бентонита, введенного в виде водной суспензии – всего 6 % (таблица 1). Бентонит, используемый в исследовании – щелочноземельный. Такие глины способны набухать с увеличением в объеме в 2-3 раза. Это объясняется физико-химическими особенностями бентонитовой глины.

Бентонит образован из смектитовых минералов, кристаллическая решетка которых состоит из нескольких слоев, которые образуют пакет. На поверхности пакета располагаются положительные одно-, двух- и трехвалентные катионы, главным образом, Na, K, Ca, Mg и Fe. В результате взаимодействия с водой вокруг этих катионов могут образовываться гидратные оболочки и агрегат пакетов при этом набухает.

Другой глинистый материал – метаксаолин – представляет собой химическую фазу, которая образуется при термической обработке каолина. При введении его в состав портландцемента в количестве 1 % изменения величины водоотделения не наблюдалось. В количестве 3 % было замечено снижение значения на 2,2 %, по сравнению бездобавочным портландцементным составом, и на 6,3 % по сравнению с составом, содержащим 20 % ДГШ.

Добавка КВЦ в количестве 7 % способна снизить водоотделение на 8 %, если сравнивать с бездобавочным. Однако лучшим решением проблемы водоотделения такой вариант назвать сложно, так как КВЦ является побочным продуктом алюминотермического производства. При использовании ЖБИ с такой добавкой уровень выделяемого стройматериалом радона в помещении будет, несомненно, выше.

Выводы:

1. Опока способна увеличить водоудерживающую способность на 38 % относительно цемента без использования АМД и на 58 % относительно состава с 20% ДГШ. Однако для достижения аналогичного результата использование других добавок допускает значительно меньшую дозировку.

2. Способность бентонита снижать значение водоотделения зависит от способа его введения в цементный состав. Одним из лучших составов по величине водоотделения признан состав с 3 % бентонита, введенного в виде суспензии – водоотделение удалось понизить в 3,5 раза по сравнению с портландцементом без АМД. Но, при этом прочность образцов снизилась на 17 %. Вследствие этого, рекомендуемым для производства является состав с добавкой 1,5 % бентонита, вводимого в виде суспензии: снижение водоотделения возрастает на 50 %, в сравнении с бездобавочным цементом.

3. Способность метакеолина удерживать воду - незначительна: при максимальной используемой дозировке 3 % величина снижения составила 2,2 %.

4. Поведение КВЦ-70Б аналогично поведению опоки, однако КВЦ является побочным продуктом производства, что отрицательным образом повлияет на создание благоприятного микроклимата в доме из изделий с такой добавкой.

СИЛИКАТНЫЙ КИРПИЧ ИЗ НЕГАШЕННОЙ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛЫ И КИСЛЫХ ЗОЛОШЛАКОВ ТЭЦ

Климухина М.В., Мошкина С.С. – студенты, Овчаренко Г. И. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Мировой опыт свидетельствует о том, что затраты на внедрение энергосберегающих мероприятий в 3 - 5 раз меньше затрат на добычу и производство первичных энергоисточников, эквивалентных по объему сбереженным. Удельная энергоемкость внутреннего валового продукта в РФ в среднем в 4 раза выше, чем в развитых промышленных странах. Одним из направлений снижения этого показателя является использование техногенных отходов. Повторное использование отходов в переработку очень перспективно. Так, вовлечение в переработку всего 1% отходов сокращает капитальные вложения в минерально-сырьевой комплекс примерно на 2%. Около 2/3 вскрышных и отвальных пород добывающих отраслей пригодны для производства массовых стройматериалов. Реально же в России используется менее 2%.

Производство силикатного кирпича на основе высококальциевой золы (ВКЗ) ТЭЦ осуществлялось в Прибалтике в 60-е годы прошлого столетия. При этом ВКЗ обязательно предварительно гасилась в автоклаве с целью предотвращения разрушения кирпича из золы. Последующие предложения по внедрению подобных технологий применительно к золе от сжигания Канск-Ачинских углей также предусматривали обязательное предварительное гашение ВКЗ в автоклаве.

Целью данной работы является разработка технологии силикатного кирпича на основе кислых золошлаков (ЗШО) и высококальциевой золы ТЭЦ без предварительного ее гашения. В ходе эксперимента требовалось подобрать оптимальные составы золосиликатных масс на основе кислых золошлаков и негашеной ВКЗ, обеспечивающих получение бездефектного материала с максимальной прочностью и долговечностью камня.

Для изготовления образцов- цилиндров диаметром 50 мм, высотой 50 мм использовались кислые золошлаки Барнаульской ТЭЦ-2; ВКЗ Барнаульской ТЭЦ-3; известь третьего сорта предприятия «Алтайизвесть».

В ходе работы изготавливался предварительно помолотый пресс- порошок из кислых ЗШО и ВКЗ при соотношении отходов от 50:50 до 75:25 , который подвергался силосованию в сушильном шкафу при температуре 60⁰ в течение 2-4 часов. В отдельные составы вводилось 5-7% товарной извести и добавка NaCl. При давлении 20 МПа прессовались образцы- цилиндры, которые запаривались в автоклаве по режиму: 2 + 6 + 2 час при температуре 170 °С и давлении 1 МПа. В качестве контрольного был изготовлен образец - аналог силикатного кирпича, содержащий 10% извести и 90% кварцевого песка.

Предварительный эксперимент показал, что добавление только кислых ЗШО от 10 до 75% или этих ЗШО и 5-7% товарной извести к ВКЗ не обеспечивает бездеструктивное твердение материала. Для дополнительного связывания свободной извести золы и усиления процессов гидратации и фазообразования в сырьевые смеси также вводился хлорид натрия в количестве 1-3% .

Как видно из рисунков 1-4 такие сырьевые смеси обеспечивают бездеструктивное твердение и показывают прочность материала от 5 до 35 МПа в зависимости от состава композиции. При этом, как и следовало ожидать, составы с большим содержанием ВКЗ показывают и более высокую прочность, также как и составы с товарной известью.

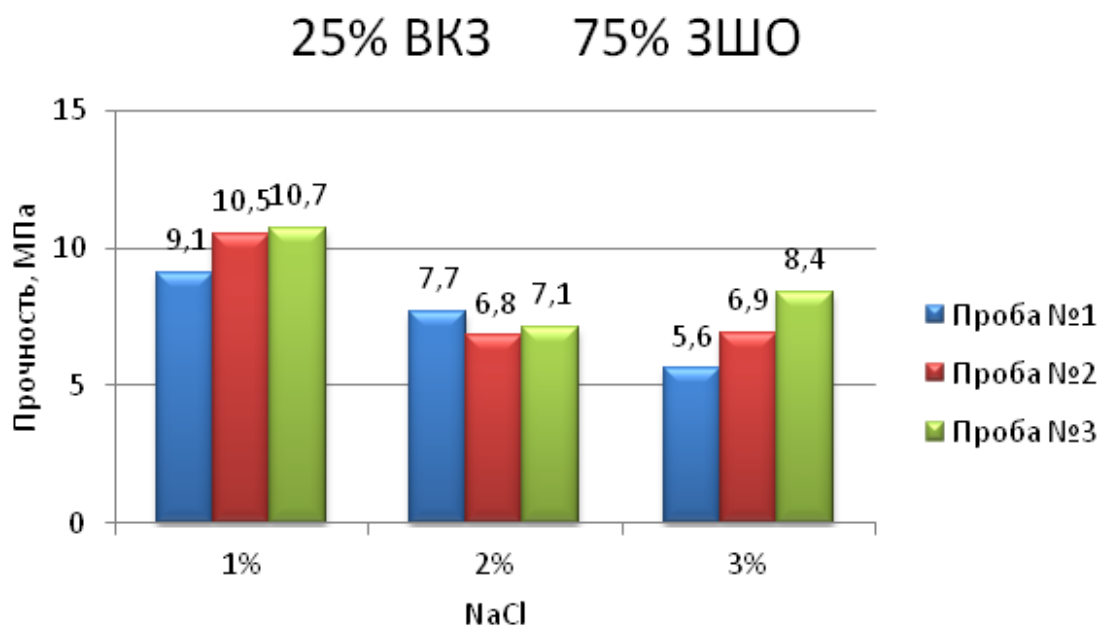


Рисунок 1 – Зависимость прочности золосиликатного кирпича из сырьевой смеси 25 % ВКЗ и 75 % ЗШО от содержания добавки NaCl в массе и различных проб высококальциевых зол

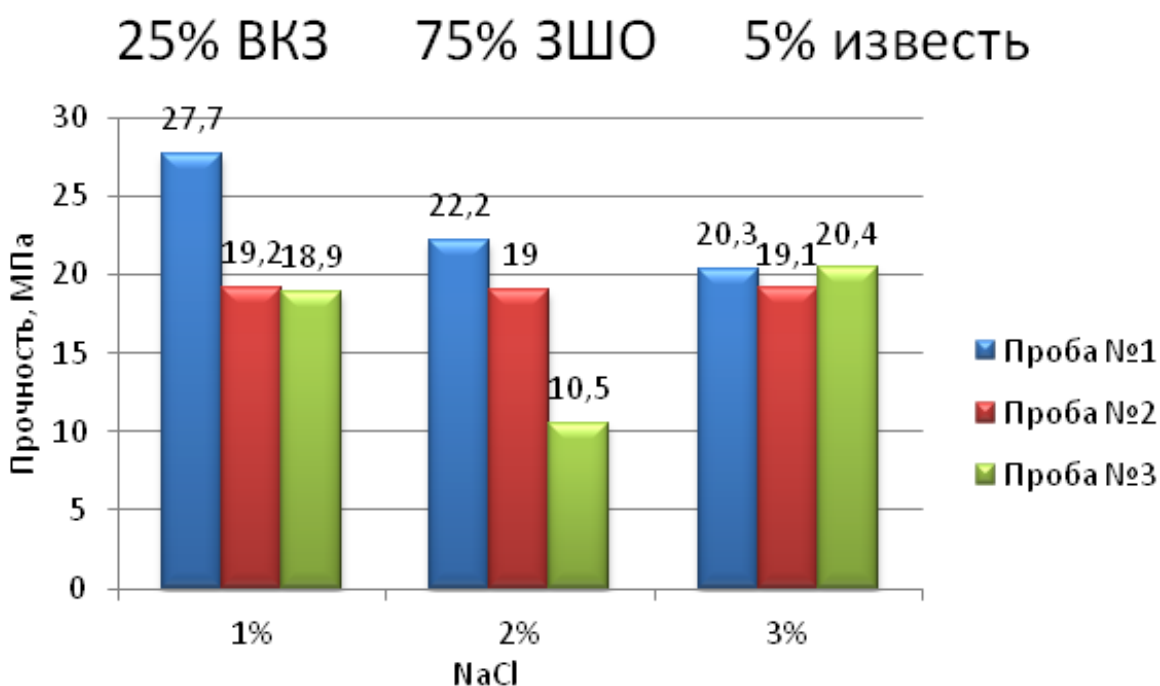


Рисунок 2 – Зависимость прочности золосиликатного кирпича из сырьевой смеси 25 % ВКЗ, 75 % ЗШО и 5 % извести от содержания добавки NaCl в массе и различных проб высококальциевых зол

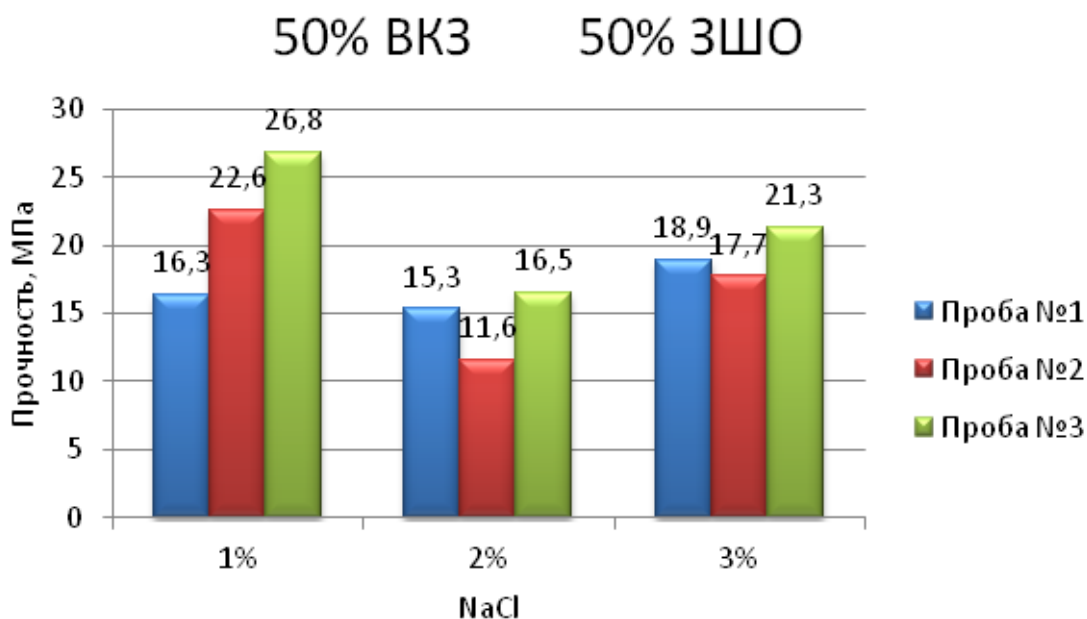


Рисунок 3 – Зависимость прочности золосиликатного кирпича из сырьевой смеси 50 % ВКЗ и 50 % ЗШО от содержания добавки NaCl в массе и различных проб высококальциевых зол

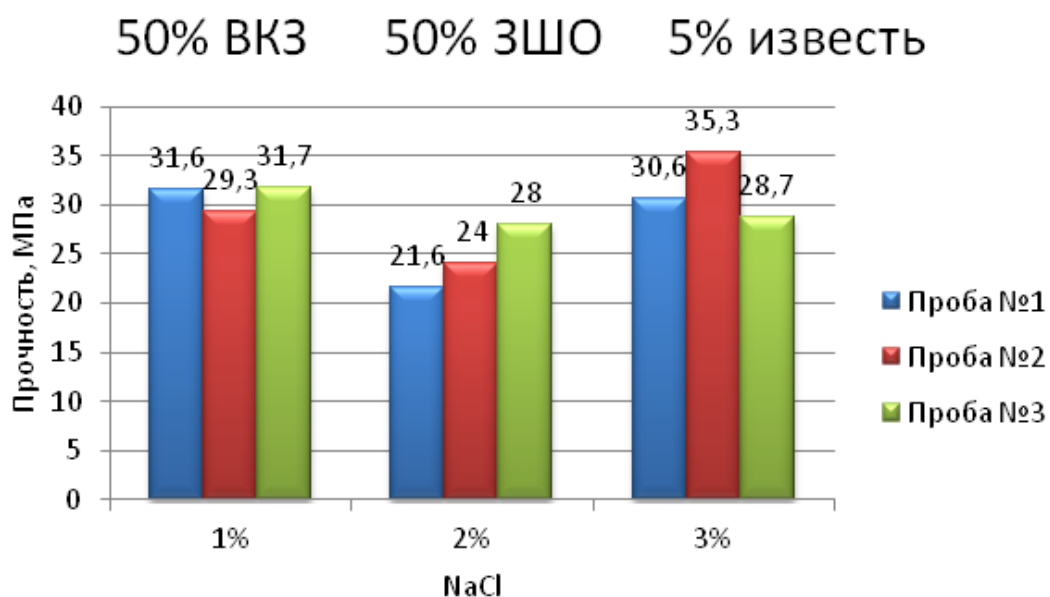


Рисунок 4 – Зависимость прочности золосиликатного кирпича из сырьевой смеси 50 % ВКЗ, 50 % ЗШО и 5 % извести от содержания добавки NaCl в массе и различных проб высококальциевых зол

Таким образом, разработана технологическая схема производства силикатного кирпича из ВКЗ, не подвергающейся предварительному гашению. В схеме предусматривается получение бездефектного материала из золы разной основности. При этом в зависимости от основности ВКЗ ее содержание в массе изменяется от 25 до 50 %, что требует дополнительного введения хлорида натрия и товарной извести до 5 % в отдельные композиции.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛОЙ ТЭЦ

Овчинников С.П., Махиня К.Г. –студенты, Хижинкова Е.Ю. – к.т.н., доцент, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Известно [1], что при введении в состав бетона высококальциевой золы (ВКЗ) возникает проблема собственных деформаций золоцементного камня. Деформации возникают за счет гидратации “пережженных” СаО и MgO, а также вследствие дополнительного образования этtringита и этtringитоподобных фаз. Кроме того, при оценке степени расширения необходимо учитывать постоянно изменяющиеся состав и свойства ВКЗ.

Целью работы являлись сравнительные исследования собственных деформаций и прочностных характеристик высокоподвижных бетонных смесей с добавлением ВКЗ, а также влияние армирования бетона на величину деформаций.

В качестве сырьевых материалов использовались портландцемент М400 Д20 Голухинского и Искитимского цементных заводов, песок поймы реки Обь $M_{кр}=1,2$, щебень Верх-Катунского гравийно-песчаного карьера $D_{min}=5$ мм, $D_{max}=15$ мм, добавка КДБ-Б и 12 проб высококальциевой золы ТЭЦ-3 города Барнаула с содержанием СаО_{сумм} от 0,99 до 7,49 %. Цемент заменялся высококальциевой золой в количестве 30, 40 и 50 %. Дополнительно доля вяжущего в составе бетона увеличивалась в 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5 взамен доли щебня. Испытания проводились на стандартных образцах-балочках размером 40*40*160 мм и кубах размером 100*100*100 мм. Для оценки влияния степени армирования на деформации часть образцов формовалась в кондукторах размером 50*50*200 мм. Все образцы твердели при тепловлажностной обработке (ТВО) по режиму 3-6-3 часа, при температуре 60 °С и далее в нормальных условиях. Прочность образцов-кубов определялась на 1 сутки после ТВО и на 28 суток. Собственные деформации измерялись на индикаторе часового типа ИЧ-10 до ТВО и на 1, 3, 5, 7, 10, 14, 17, 21, 25 и 28 суток после тепловлажностной обработки, а также после автоклавной обработки при 10 и 20 атмосферах.

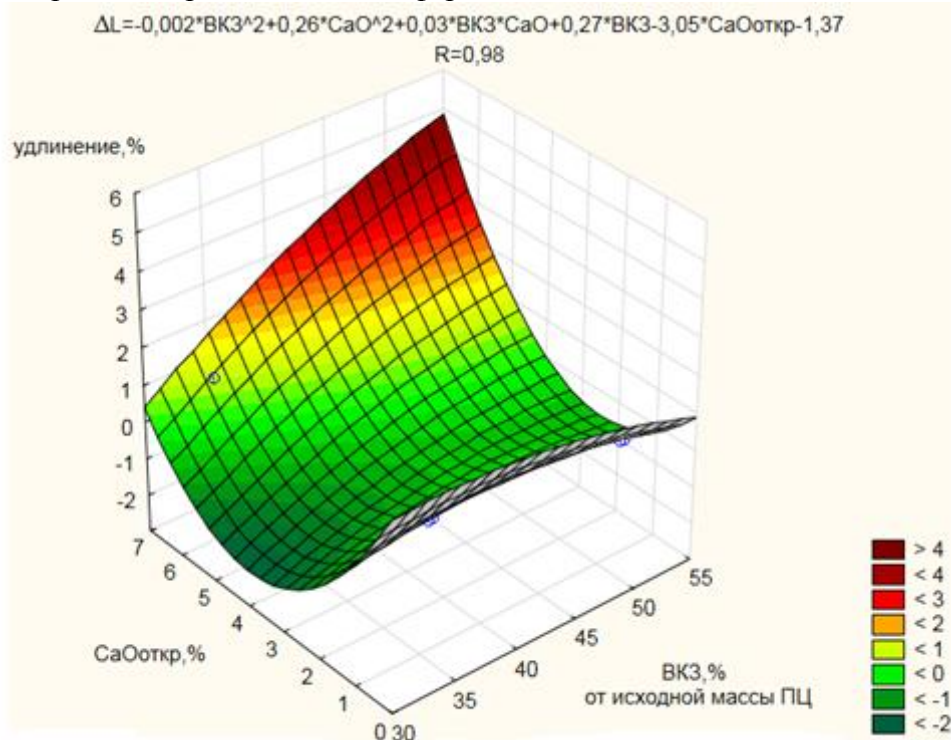


Рисунок 1-Зависимость удлинения образцов-балочек после ТВО от дозировки высококальциевой золы (ВКЗ) и содержания в ней свободного СаО_{откр}

Как видно из рисунка 1, при введении в состав бетона высококальциевых зол с низким содержанием свободного $\text{CaO}_{\text{откр}}$ дозировка золы практически не влияет на величину собственных деформаций образцов.

Наибольшая зависимость удлинения золосодержащего бетона прослеживается от содержания свободной извести в ВКЗ. С повышением количества свободного CaO увеличиваются деформативные характеристики материала. Наибольшее удлинение наблюдается в составах с максимальным содержанием высококальциевой золы и с самым высоким содержанием в ней свободного $\text{CaO}_{\text{откр}}$.

В реальном производстве бетонные изделия содержат арматуру, которая может воспринимать напряжения от собственных деформаций золоцементного камня. Для оценки влияния армирования на удлинение были заформованы образцы-балочки в формах-кондукторах, которые позволяют определить величину самонапряжения арматуры в процессе твердения бетона с высококальциевой золой. Результаты исследования (рисунок 2) показывают, что удлинение образцов, твердевших в условиях, моделирующих наличие арматуры, в 3-4 раза меньше удлинения образцов, твердевших в свободном состоянии. При этом сохраняется установленная зависимость удлинения от содержания свободного $\text{CaO}_{\text{откр}}$ в золе. Тем не менее, при любом содержании свободного оксида кальция, деформации армированного золосодержащего бетона не превышают 0,15%

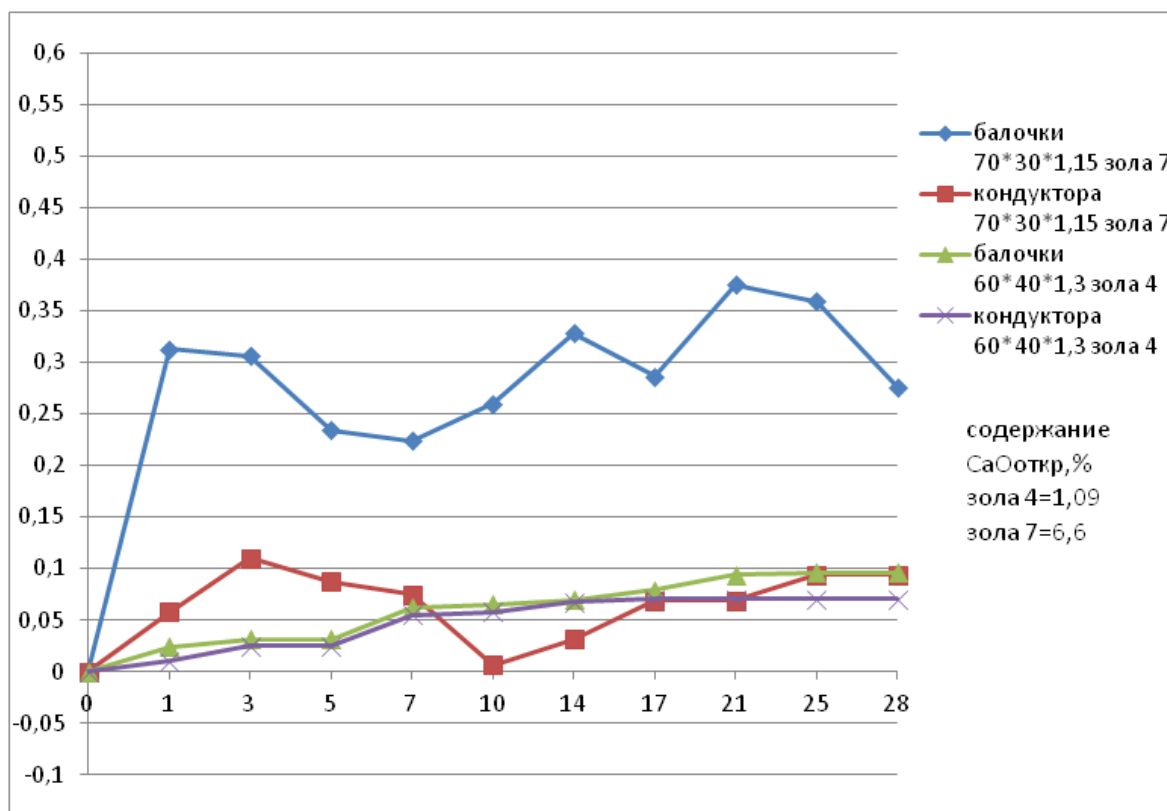


Рисунок 2-Изменение собственных линейных деформаций образцов-балочек и образцов твердеющих в формах кондукторов.

Помимо собственных деформаций при производстве золосодержащих бетонных изделий необходимо оценить прочностные характеристики. Результаты, представленные на рисунке 3, показывают зависимость прочности, в первую очередь, от содержания CaO свободного. Максимальная прочность наблюдается у составов с большим количеством высокоактивной золы, что можно объяснить, тем что в данных составах увеличивался расход цементно-зольного вяжущего.

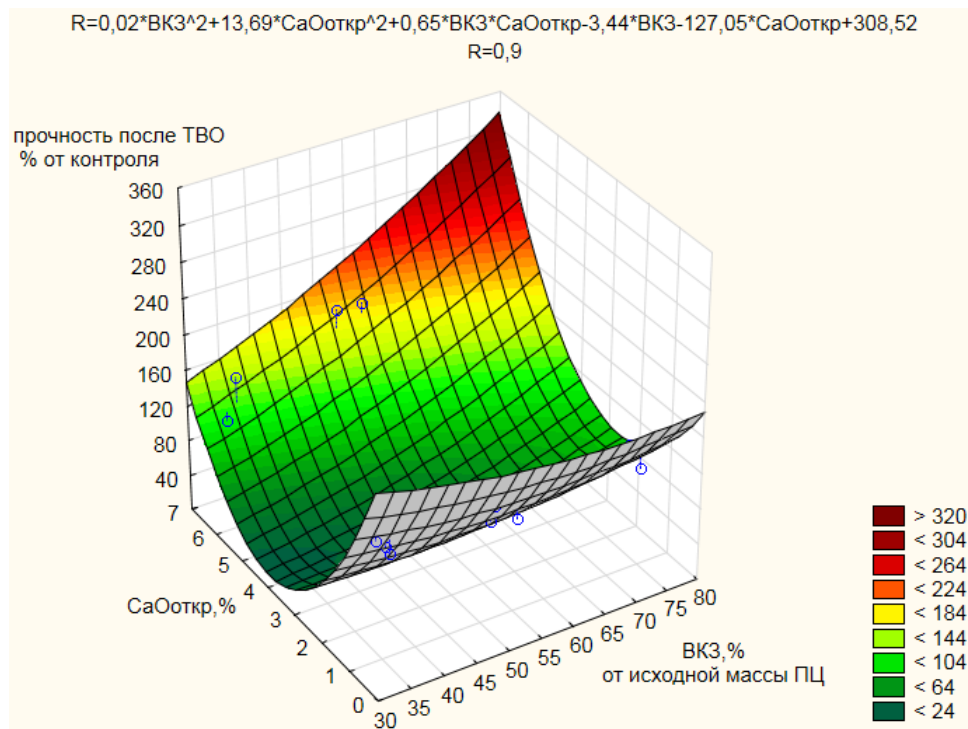


Рисунок 3-Зависимость прочности образцов кубов после ТВО от дозировки высококальциевой золы (VKЗ) и содержания в ней свободного CaO_{откр}.

Помимо собственных деформаций при производстве золосодержащих бетонных изделий необходимо оценить прочностные характеристики. Результаты, представленные на рисунке 3, показывают зависимость прочности, в первую очередь, от содержания CaO свободного. Максимальная прочность наблюдается у составов с большим количеством высокоактивной золы, что можно объяснить, тем что в данных составах увеличивался расход цементно-зольного вяжущего.

Таким образом, очевидно, что при исследовании золоцементных бетонов необходим комплексный подход. Помимо испытаний прочностных характеристик, должно уделяться внимание собственным деформациям. Так, составы с повышенной дозировкой VKЗ и значительным содержанием в ней свободного CaO показывают максимальную прочность и максимальное удлинение. Однако армирование позволяет понизить собственные деформации за счет самонапряжения арматуры.

Список литературы

1 Овчаренко Г. И., Хижинкова Е. Ю., Музалевская Н. В., Балабаева Т. С. Безусадочные цементно-зольные композиции // Изв. Вузов. Строительство. – 2010, № 9. – С. 20-25

ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Гусына П.Е., Тафинцев Н.Е. – студенты, Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время повторное использование отходов в переработку очень актуально. Зола от сжигания каменных углей на электростанциях благодаря своим свойствам, количеству и распространению является перспективным сырьём для производства различных строительных материалов. Одним из наиболее крупномасштабных потребителей зол может является производство вибропресованого кирпича и плитки, а также использование зол в укреплении грунтов дорожного полотна.

Цели нашей работы: подбор оптимального состава бетона на основе золошлаковых отходов для вибропресованных изделий и цементно-зольной смеси для укрепления дорог.

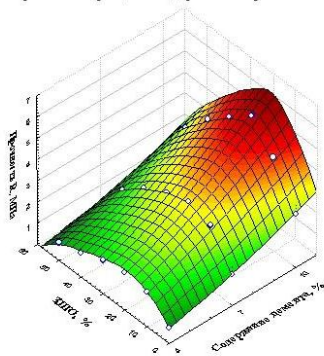
В качестве сырьевых компонентов используем Цемент ПЦ400 Д20 Голухинского завода, Зола унос с ТЭЦ-2 г. Барнаула, Песок речной с поймы реки Обь, Отсев Верх-катунской ДСФ.

Перед проведением эксперимента проводим подготовку материалов. Обжигаем золошлаки при температуре 800 С до постоянной массы, после чего производим помол (КПД – 50%). Затем прессуем образцы цилиндры 5х5 см при различных давлениях и помещаем их в камеру ТВО. Далее испытываем полученные образцы на прочность на 1 и 28 суток. Также после 28 суток твердения водонасыщаем образцы и проводим испытания на морозостойкость.

На основании проведенных экспериментов удалось получить различные сравнительные характеристики, которые дают представление о возможной выгоде использования ЗШО в дорожном строительстве.

Так на последующих моделях можно увидеть как содержание ЗШО взамен песка влияет на прочностные показатели пропаренных образцов. Просматривается значительный рост прочности по сравнению с образцами без золошлаков (только цемент, песок и вода).

Модель зависимости прочности образцов от содержания непрокаленных золошлаков и цемента



Модель зависимости прочности образцов от содержания прокаленных золошлаков и цемента

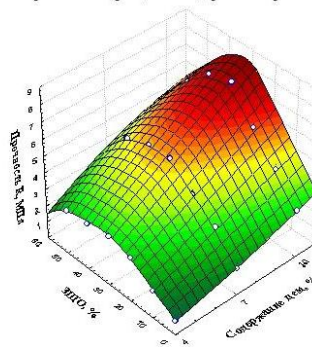


Рисунок 1 – Модели зависимости прочности образцов от содержания золошлаков и цемента

На модели с обожженными ЗШО видно, что наибольшими показателями обладает содержание от 30 до 50% золошлаков в составах, при этом с повышением цемента показатели растут в 2-3 раза. Дополнить картину помогло использование ЗШО без предварительного обжига в печи, т.е непосредственное применение золошлаков с ТЭЦ-2 г. Барнаула.

Применение непрокаленных отходов не дало такой высоких эффект, но и даже здесь золошлаки в сочетании с цементом взамен песка дают более высокие показатели (в 2 раза) на ряду с исходными беззольными составами.

Из полученных моделей можно сделать вывод, что использование золошлаковых отходов может принести реальную пользу в укреплении дорог и в дорожном строительстве в целом в близлежащих с ТЭЦ регионах.

После были проведены испытания на морозостойкость и выяснилось, что для 3-й дорожно-климатической зоны, в которой мы проживаем, полученные составы можно использовать для нижних и частично верхних подстилающих слоев дорожных одежд.

Из диаграммы 2 видно, что образцы на 10 циклов показывают прочность выше 70 % от водонасыщенных образцов, но на 15 циклов дотягивают только до 50 %.

Ситуация значительно выравнивается на образцах, прошедших ТВО(дающее около 28-й прочности) перед выдержкой в течении 28-ми суток. Как можно увидеть (рисунок 3), образцы после 10-ти циклов показали 80% от водонасыщенных, а на 15 циклов показали около 70 %. Следовательно составы с обожженными золошлаками можно использовать и как верхний слой для дорожного покрытия в сельской местности.

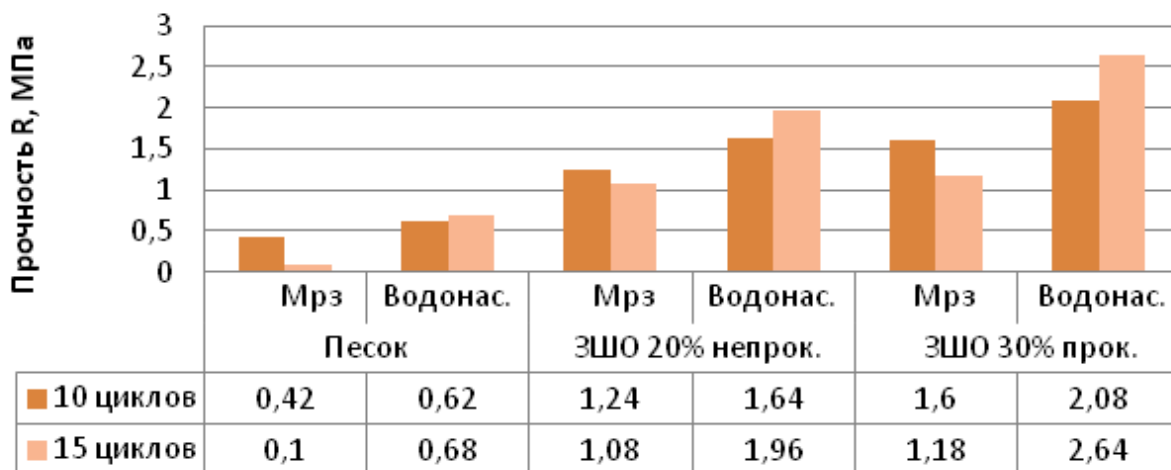


Рисунок 2 – Диаграмма результатов испытаний образцов на Мрз после 28 суток.

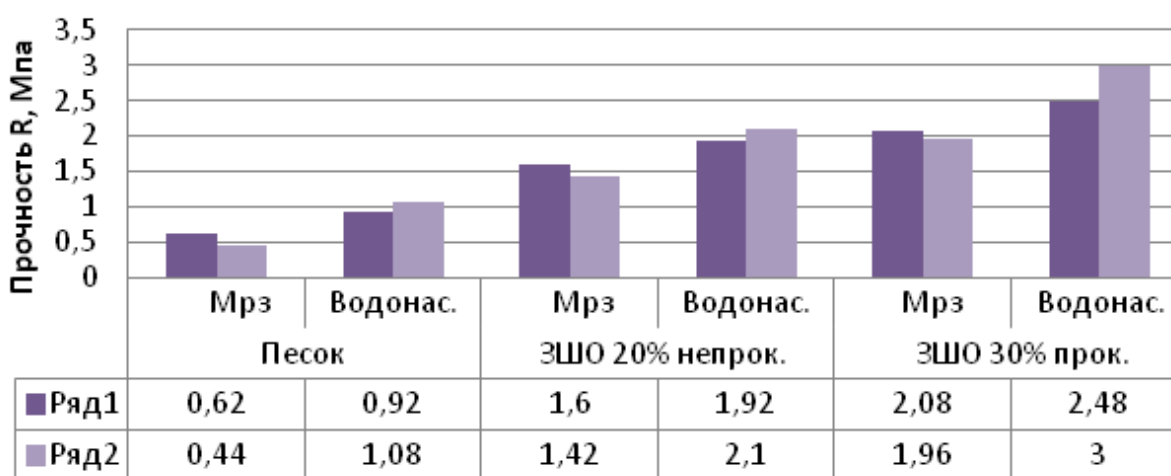
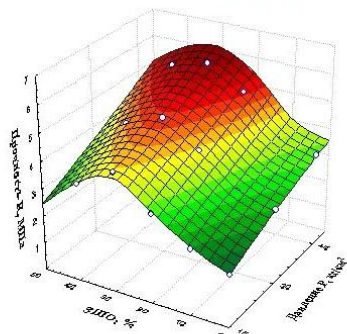


Рисунок 3 - Диаграмма результатов испытаний образцов на Мрз после 28 суток и ТВО.

Еще одним направлением наших исследований является внедрение на заводе ЖБИ-100 технологии вибропрессованных изделий из отсева и цемента с добавлением кислых зол.

В ходе следующего эксперимента было выявлено, что использование вибропрессованных изделий, таких как кирпич для каркасного домостроения и тротуарная плитка, наиболее эффективно с содержанием в них 30% ЗШО от массы цемента, что приводит к повышению прочности до 300% от исходных образцов без обожженных золошлаков.

Модель зависимости прочности образцов (кирпич) от содержания прокаленных золошлаков и давления прессования



Модель зависимости прочности образцов (плитка) от содержания прокаленных золошлаков и давления прессования

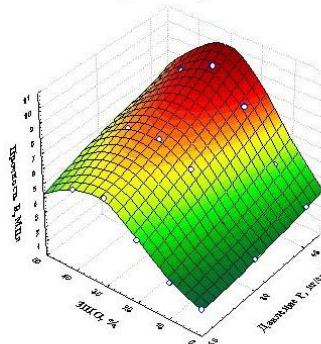


Рисунок 4 – Модели зависимости прочности образцов от содержания прокаленных золошлаков и давления прессования

ВЛИЯНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Лифляндская О. А., Песоцкий А. В. – студенты, Овчаренко Г. И. – д. т. н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В технологии вяжущих веществ широко применяются различные минеральные добавки. Как правило – это активные минеральные добавки (АМД), связывающие при твердении известь. Однако в последние годы появились публикации, указывающие на то, что инертные в химическом отношении к минералам цементного камня кристаллические минералы (например, волластонит) при очень тонком измельчении могут оказывать положительный эффект на твердение цемента. В связи с этим нами исследовалась группа минеральных добавок, способных оказать влияние на формирование C-S-H геля цементного камня.

Цель работы заключалась в исследовании ряда минеральных добавок к цементу, имеющих определённые кристаллохимические особенности структуры, соответствующие элементам структуры C-S-H геля цементного камня. В качестве таких элементов структуры выделялись: диортогруппа $[\text{Si}_2\text{O}_7]$, волластонитовая цепочка $[\text{Si}_3\text{O}_9]$ и другие.

В связи с этим в качестве минеральных добавок применялись такие добавки, как кварцевый песок, микрокремнезём, корунд, топливный и доменный шлаки, природный волластонит. Также были и добавки, синтезированные в лабораторных условиях. Это такие добавки, как тоберморит, ксонотлит, ранкинит и синтетический волластонит. В качестве вяжущего использовался цемент М400 Д20 Искитимского цементного завода. Для проведения эксперимента добавки размалывались в планетарной мельнице АГО-3 при одинаковых условиях помола и имели средний диаметр 50% тонкой фракции изменяющийся от 5 до 25 мкм (таблица 1). Для определения прочности при сжатии формовались образцы-кубики размером 2x2x2 см. Образцы изготавливались из теста нормальной густоты и твердели при нормальных условиях (20 °С, относительная влажность 100 %) или при пропаривании при 80 °С по режиму 3 часа + 6 часов + 3 часа. Прочность испытывалась на 3 и 28 сутки для образцов, твердевших в нормальных условиях (НУ), а для образцов прошедших тепловлажностную обработку (ТВО) сразу после пропаривания и спустя 28 суток хранения при НУ. Вяжущее изготавливалось из портландцемента с заменой 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20 и 30 % тонкодисперсными минеральными добавками. Контролем являлся состав 100 % ПЦ.

Таблица 1 - Средний диаметр 50 % тонкой фракции измельчённого материала

Материал	ДГШ	Кварцевый песок	Природный волластонит	Топливный шлак	Корунд	Микрокремнезём	Синтетический волластонит	Ранкинит	Тоберморит	Ксонотлит
Размер частиц	5,14	5,27	5,57	6,3	6,86	9,25	14,97	16,32	18,71	25,28

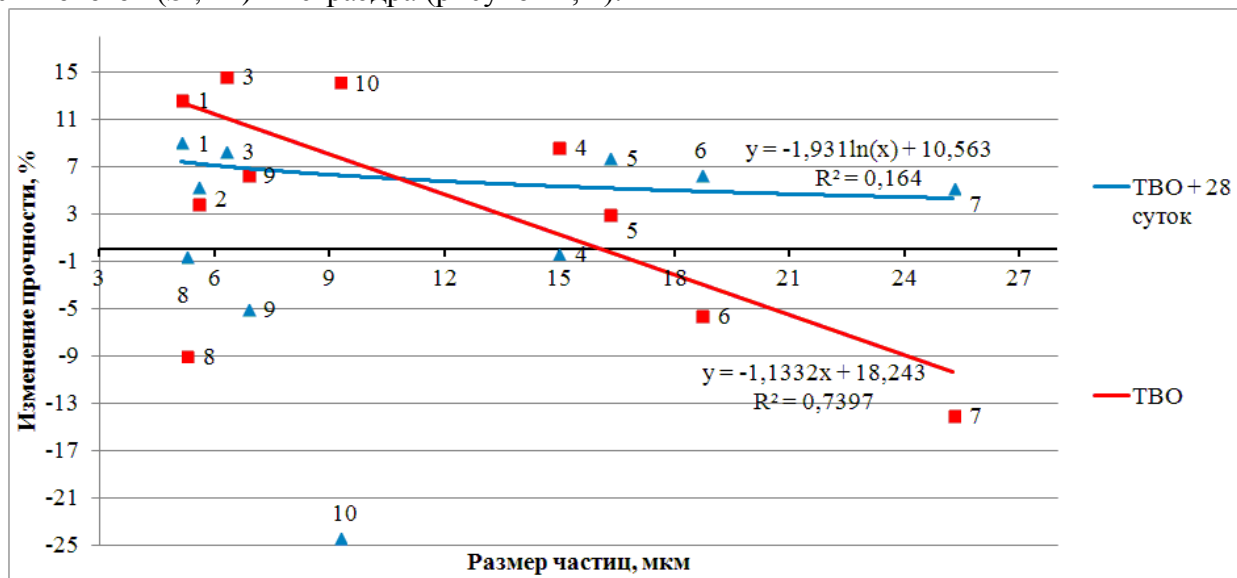
В ходе эксперимента были выявлены следующие закономерности:

При одинаковом содержании добавок, прочность цементов изменяется обратно пропорционально среднему диаметру их частиц. Эта закономерность хорошо прослеживается при 5 % добавки сразу после тепловой обработки (рисунок 1).

Прочность выше у смешанных цементов с добавками, содержащими в структуре диортогруппу $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ (шлаковые стекла, ранкинит), волластонитовую цепочку $[\text{Si}_3\text{O}_9]$ (природный или синтетический волластониты), кремнекислородные ленты или слои, построенные путем трансляции диортогруппы $[\text{Si}_2\text{O}_7]$. Хорошо проявляется на 28 сутки твердения в НУ с 30 % добавок (рисунок 2);

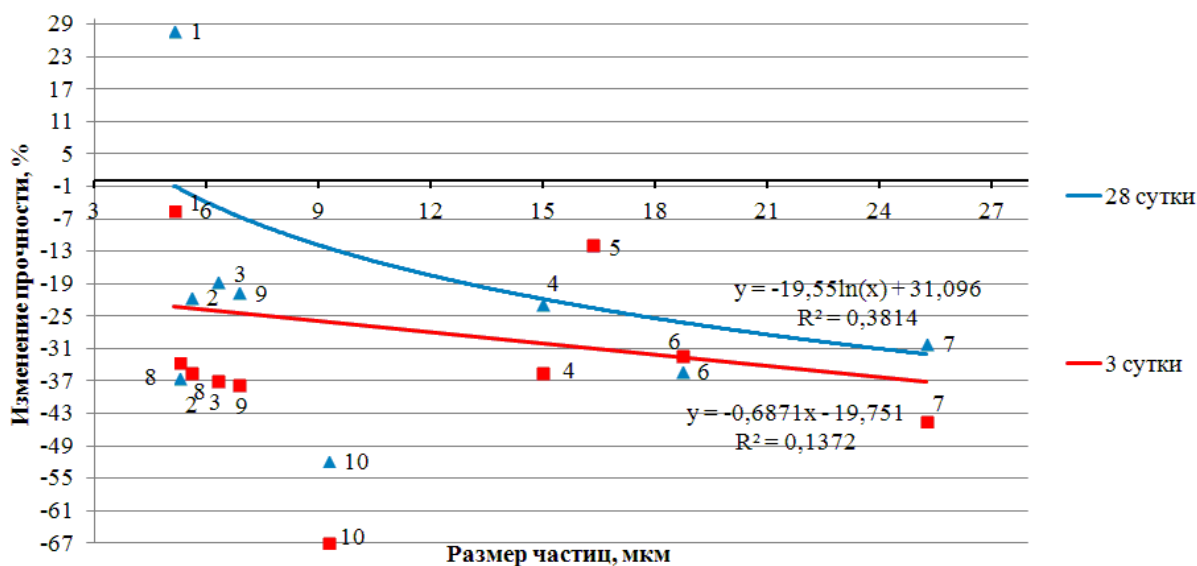
Закономерности изменения прочности цементов показывают более высокую эффективность добавок, имеющих в своей структуре элементы структуры C-S-H геля – основной фазы затвердевшего цементного камня, который включает в качестве основного

элемента тройную кремне(алюмо)кислородную цепь на основе диортогруппы $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ и «мостикового» (Si, Al) – тетраэдра (рисунок 1, 2).



1 – ДГШ; 2 – природный волластонит; 3 – топливный шлак; 4 – синтетический волластонит; 5 – ранкинит; 6 – тоберморит; 7 – ксонотлит; 8 – кварцевый песок; 9 – корунд; 10 – микрокремнезём

Рисунок 1 – Зависимость прочности цементного камня после ТВО от размера частиц добавок при их содержании 5 %



1 – ДГШ; 2 – природный волластонит; 3 – топливный шлак; 4 – синтетический волластонит; 5 – ранкинит; 6 – тоберморит; 7 – ксонотлит; 8 – кварцевый песок; 9 – корунд; 10 – микрокремнезём

Рисунок 2 – Зависимость прочности цементного камня после НУ от размера частиц добавок при их содержании 30 %

Высокодисперсные кремнеземы (молотый кварц, микрокремнезем) или корунд показывают более низкую прочность, не смотря на то, что в процессе гидратации связывают известь гидролизующихся клинкерных силикатов и образуют дополнительное количество геля С-S-H. Прослеживается на обоих приведённых графиках (рисунок 1, 2). Поэтому, чтобы выделить остальные закономерности эти добавки не учитывались при построении линий трендов.

ПОДБОР СОСТАВА КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ ТОРКРЕТ-БЕТОНОВ

Ильина А.А., Соловьева В.С. – студент, Козлова В.К. – д. т. н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На данном этапе развития строительных технологий торкретирование является одним из самых современных и перспективных видов бетонных работ, востребованных профессиональными строителями. Применение торкрет-бетона позволяет существенно снизить расход материалов, трудозатраты, сократить сроки строительства либо реконструкции объекта.

В обеспечении качества торкретирования важную роль выполняют ускоряющие добавки, обеспечивающие более быстрое схватывание и более интенсивное развитие ранней прочности. Однако применение хорошо известных ускорителей на основе хлорида кальция или солей щелочных металлов вызывают коррозию арматуры, ухудшают декоративные качества затвердевших растворов и бетонов.

В связи с этим ведутся активные поиски оптимальных составов вяжущего для торкрет-бетонов с бесщелочными добавками на основе оксидов и гидроксидов алюминия. Основные требования к составам: уменьшение сроков схватывания, повышение коррозионной стойкости, уменьшение водоотделения, ускоренный набор прочности в ранние сроки.

Цель работы: разработка составов композиционного вяжущего с использованием алюмотермических шлаков для торкрет-бетонов.

Сырьевые компоненты, используемые при проведении испытаний: клинкер производства ООО «Цемент», гипс, шлаки, являющиеся побочным продуктом алюмотермического производства хрома марок КВЦ 70Б; КВЦ 75А; ПГ 75; доменный гранулированный шлак (ДГШ), несепарируемую мелочь (НМ).

Определяется активность шлаков КВЦ70Б, КВЦ75А, ПГ75 и НМ, используемых в качестве добавок к цементу, по методике, описанной в книге Бутта Ю. М. «Химическая технология вяжущих материалов». Данные по эксперименту приведены в таблице 1. Все добавки активны, так как активными считаются те, которые поглощают ≥ 50 мг СаО /г. Это позволяет получить цементы с повышенной коррозионной стойкостью. Наиболее активными являются добавки КВЦ 70 Б и НМ, менее активной - ПГ 75.

Таблица 1 – Данные по определению активности добавок

Добавки	Активность, мг СаО /г
ДГШ	176,96
КВЦ 70Б	340,2
НМ	228,48
ПГ 75	78,96

Перед проведением эксперимента выполняется подготовка материалов, заключающийся в совместном помолу компонентом вяжущего:

- 1) клинкер+20%ДГШ+5%гипса (контроль);
- 2) клинкер+10%ДГШ+10%КВЦ70Б+5%гипса;
- 3) клинкер+10%ДГШ +10%КВЦ75А+5%гипса;
- 4) клинкер+10%ДГШ +10%ПГ75+5%гипса;
- 5) клинкер+10%ДГШ+10%НМ+5%гипса.

Для данных составов определяется водоотделение (рисунок 1). Оказывается, что введение 10% шлака вместо 10%ДГШ приводит к уменьшению водоотделения.

Добавки НМ и ПГ75 незначительно меняют водоотделение относительно контрольного состава. Более значительно уменьшается водоотделение у составов с добавкой КВЦ70Б и КВЦ75А.

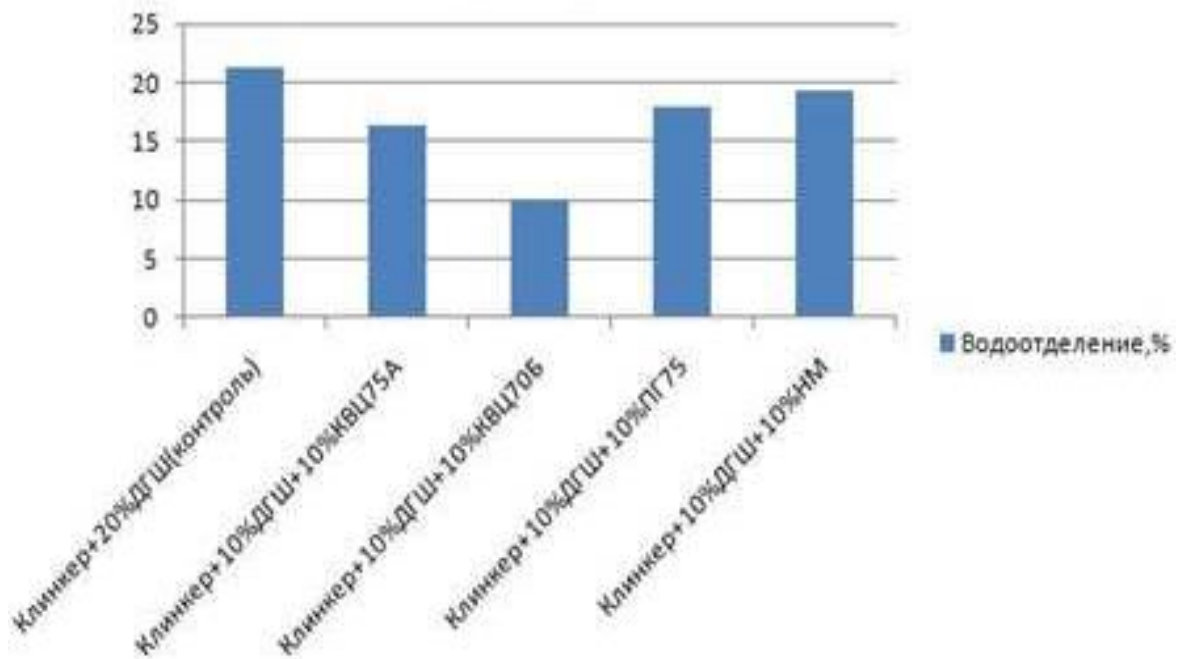


Рисунок 1 – Диаграмма водоотделения составов

Для каждого из составов определяются начало схватывания (рисунок 2) и нормальная густота.

Влияние добавок шлака алюмотермического происхождения на кинетику твердения цементных растворов исследуется на основе испытания лабораторных образцов 20×20×20мм, которые твердели при $t(20\pm 2)^\circ\text{C}$ одни сутки при влажности 90 % и 27 суток в воде. Образцы испытываются на 1,3,7,28 сутки.

При введении шлаков алюмотермического происхождения в состав цемента конечная прочность затвердевших образцов снижается, однако сокращается время начала схватывания, что удовлетворяет требованиям к составу вяжущего для торкрет-бетона.

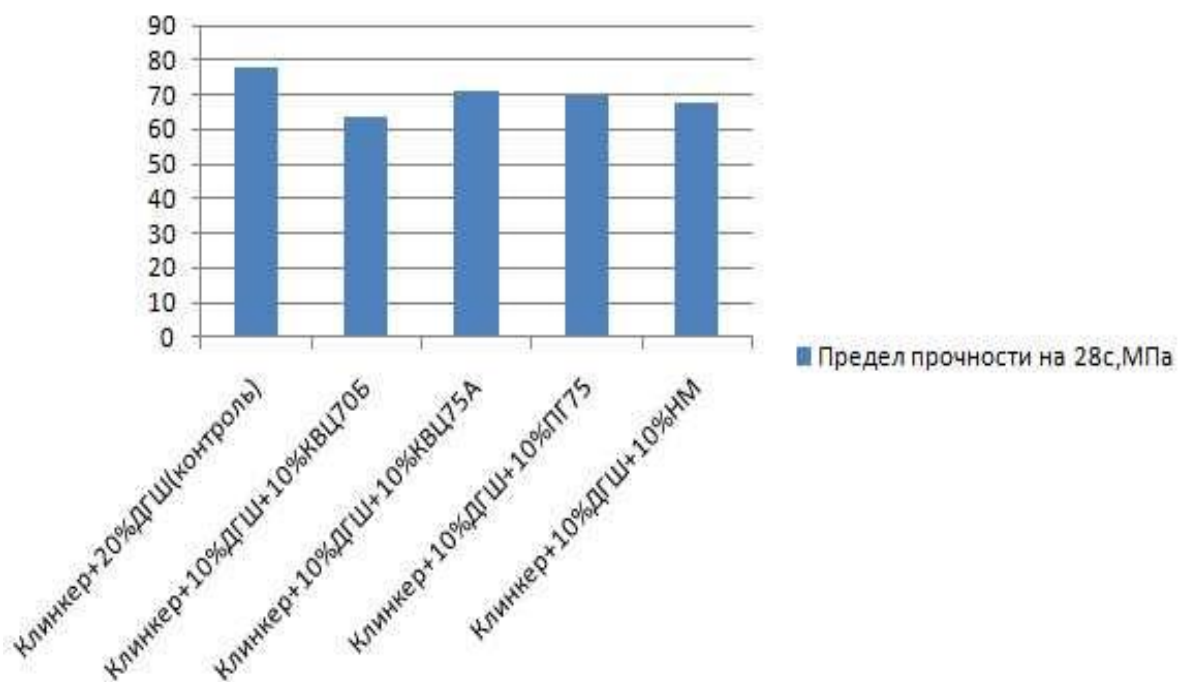


Рисунок 2-Предел прочности, МПа

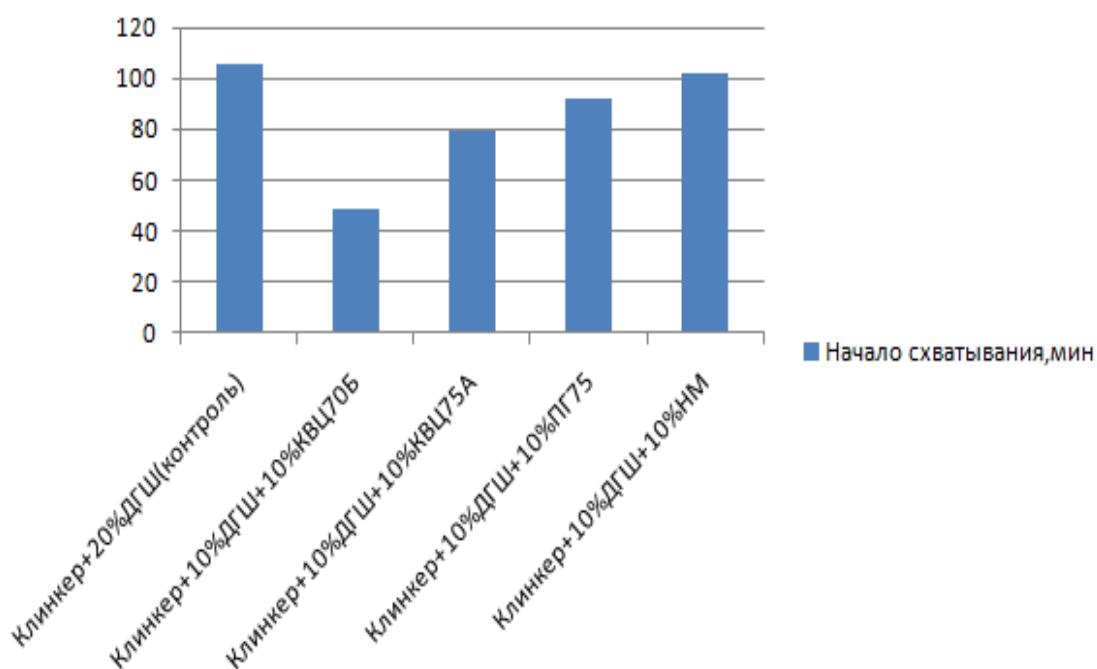


Рисунок 3 – Начало схватывания, мин

При сопоставлении полученных данных получаем, что композиционное вяжущее, полученное с добавлением шлака КВЦ70Б, обладает всеми необходимыми свойствами для использования его в производстве торкрет-бетонов.

ПОЛУЧЕНИЕ РАСШИРЯЮЩИХСЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ ВВЕДЕНИЕМ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ

Пензева Н.В., Старовойтова Д.С. – студенты, Козлова В.К. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В последние годы наблюдается увеличение темпов роста спроса на специальные цементы в связи с увеличением объёмов строительства и требований к более высокому качеству зданий и сооружений. Будущее строительной отрасли неразрывно связано именно с применением в строительном-монтажных работах специальных цементов. Одним из них является расширяющийся портландцемент, обладающий способностью к расширению в процессе схватывания и твердения. Его используют при гидроизоляции штукатурок, обмазке, ремонте трещин в железобетонных и бетонных конструкциях, в самонапрягающих и безусадочных бетонах. В настоящее время известно более 50 видов расширяющихся цементов. Наибольшее распространение получили цементы на основе глинозёмистого цемента или портландцемента с применением расширяющих добавок. Глинозёмистый цемент более предпочтителен для применения в качестве основы расширяющихся цементов, так как он содержит значительное количество алюминатов и обеспечивает быстрое нарастание прочности. Однако его получение сопровождается большими затратами на сырьё и сложными технологическими операциями, поэтому экономически целесообразно разработать составы, полученные совместным помолом компонентов, с использованием дешевого сырья, например - отходов алюминотермического производства.

Поэтому целью данной работы является изучение возможности использования шлаков алюминотермического производства и гипсосодержащих компонентов при получении расширяющихся портландцементов за счет дополнительного синтеза гидросульфоалюминатных фаз. При этом необходимо решить следующие задачи:

– получение расширяющей добавки на основе высокоглиноземистого клинкера и гипсосодержащих компонентов;

– изучение влияния расширяющей добавки на кинетику набора прочности и собственные деформации при твердении расширяющегося портландцемента.

В исследовательской работе были использованы следующие сырьевые материалы: портландцементный клинкер Голухинского цементного завода, клинкер высокоглиноземистый цементный КВЦ-70Б Ключевской обогатительной фабрики, двухводный гипсовый камень и фосфогипс.

В ходе эксперимента осуществлялся подбор состава расширяющей добавки. В КВЦ-70Б вводилось 10, 15, 20, 25, 30 % гипсосодержащей добавки. Портландцементы с расширяющей добавкой в количестве от 18 до 25 % готовились совместным помолом до остатка на сите №008 менее 15%. В качестве контрольного состава использовалось 100 % КВЦ-70Б, а для портландцемента – 95 % клинкера и 5 % двухводного гипса.

Первые сутки образцы расширяющей добавки хранились на воздухе, 6 суток в воде и 21 в нормальных условиях. Образцы расширяющегося портландцемента первые сутки хранились в нормальных условиях, а затем - 27 суток в воде.

Прочность полученных составов определялась на кубиках размером 2х2х2 см, которые изготавливались из теста нормальной плотности и испытывались на прочность при сжатии на 3, 7, 14 и 28 сутки согласно ГОСТ 310.4-81.

Для определения линейных деформаций формовались балочки размером 2,5х2,5х28 см из теста нормальной плотности. Деформации измерялись на 1, 3, 7, 14 и 28 сутки с помощью специального прибора, оснащенного индикатором часового типа.

В результате исследований расширяющей добавки было установлено, что введение фосфогипса снижает прочность в начальные сроки твердения на 50 % по сравнению с контрольным составом, при этом линейное расширение на 28 сутки составляет 0,23 %, а у контрольного состава наблюдается усадка. При использовании в качестве гипсосодержащей добавки двухводного гипсового камня прочность незначительно отличается от контрольного состава, при этом расширение выше, чем у состава с фосфогипсом. В результате подбора состава расширяющей добавки было установлено, что оптимальной является добавка с использованием в качестве гипсосодержащего компонента двухводного гипса.

При введении полученной добавки в количестве 18 и 20 % прочность расширяющегося портландцемента в течение 28 суток твердения незначительно отличается от контрольного состава. Дозировки расширяющей добавки в количестве 22 и 25 % приводят к снижению прочности до 33 %. Изменение количества КВЦ-70Б в составе добавки от 44 до 83 % не влияет на линейное расширение, которое составляет 0,6 % на 28 сутки твердения. Контрольный состав при этом характеризуется усадкой.

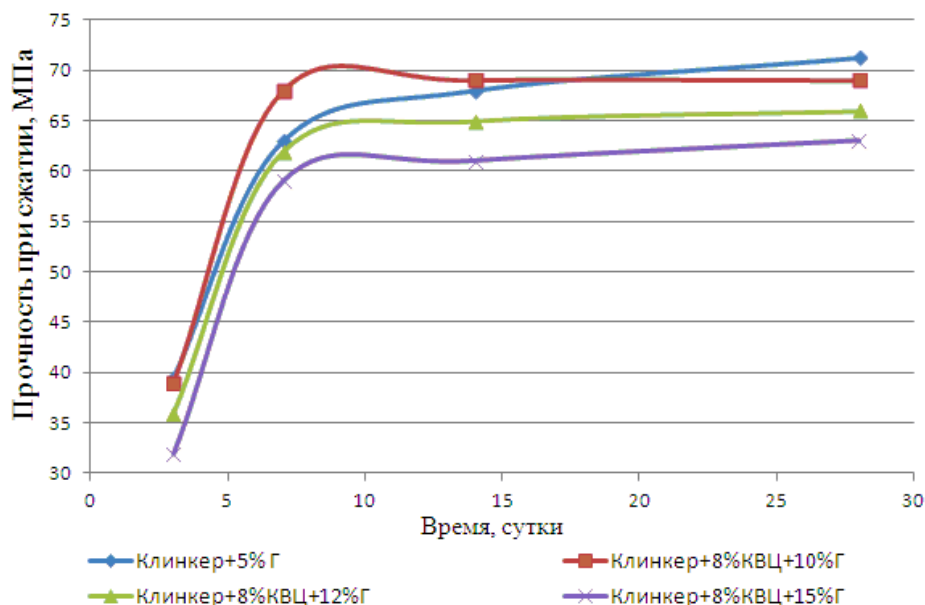


Рисунок 1 – Влияние комплексной добавки на прочность при сжатии расширяющегося портландцемента

При изменении дозировки двуводного гипса в составе добавки на 28 сутки наблюдается снижение прочности до 16 % по сравнению с контрольным составом (рисунок 1). Очевидно, что максимальную прочность из исследованных составов имеет состав с добавкой в количестве 18 %.

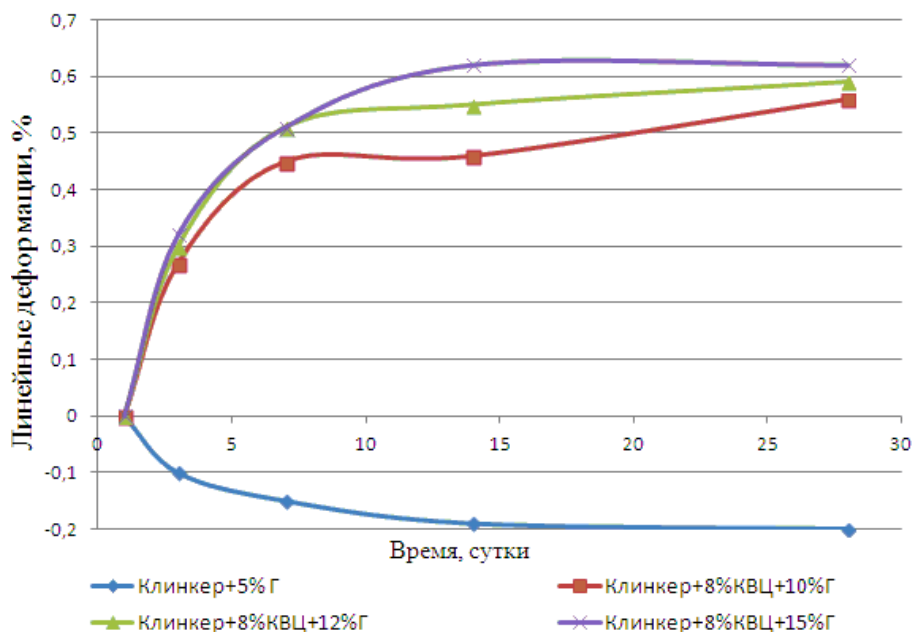


Рисунок 2 – Влияние комплексной добавки на линейные деформации расширяющегося портландцемента

Из рисунка 2 видно, что различные дозировки двуводного гипса в составе добавки незначительно влияют на линейные деформации цементного камня.

Таким образом, в ходе эксперимента было установлено возможность введения расширяющей добавки в количестве 18 % с использованием в качестве расширяющего компонента 10 % двуводного гипса. При данной дозировке цементный камень имеет максимальную прочность, а линейные деформации составляют 0,58 %, что является оптимальным для расширяющихся портландцементов.