

ВЛИЯНИЕ ПРОКАЛЕННЫХ АВТОКЛАВНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ДОБАВКИ К ЦЕМЕНТУ

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

Применение различных минеральных добавок для повышения прочности и экономии цемента уже давно известно и широко применяется. Использование минеральных добавок в виде отходов различных производств на данный момент в России и в мире является наиболее актуальным, так как позволяет улучшить не только прочность цементов и бетонов, но и экологическую ситуацию в стране за счет наиболее полной переработки техногенных отходов. Такие добавки могут получиться при прокаливании отходов промышленного производства: автоклавного газобетона и силикатного кирпича, так как в них содержится гидросиликат кальция тоберморит $C_5S_6H_5$, который при прокаливании образует волластонит, который входит в новый класс структурно-активных минеральных добавок (САМД) [1].

Цель работы: 1) Получение структурно активных минеральных добавок к цементам путем прокаливания автоклавных материалов.

2) получение и исследование высокорекреационного двух-кальциевого силиката Ca_2SiO_4 (C2S), и использование его как добавку к цементам

В работе использовались: ПЦ 400 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: 600, 800 и 1000 °С с последующим помолом в фарфоровой мельнице до полного прохождения через сито № 008. Добавки вводились в количестве 1,5, 10 и 15 % от массы цемента, для сравнения также в цемент вводился волластонит, в таком же процентном соотношении. 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). Образцы испытывались на 3, 7 и 28 сутки. В качестве контроля использовался ПЦ 400 Д 20.

Для получения двух кальциевого силиката были отпрессованы образцы цилиндрической формы из известково-золяного вяжущего. Известь и кислую золу смешивали в соотношении 50/50 %. Образцы на 50-80 часов запариваются при 1 МПа, в автоклаве. После этого образцы прокаливаются в печи при 500 °С. Затем подвергали помолу в фарфоровой мельницы до полного прохождения через сито № 008. Добавки вводились в количестве 1,5, 10 и 15 % от массы цемента. Из вяжущих формовались образцы размером 2×2×2 см, которые твердели в нормальных условиях (НУ). Образцы испытывались на 3, 7 и 28 сутки. В качестве контроля использовался ПЦ400Д20.

В результате исследования были получены следующие результаты.

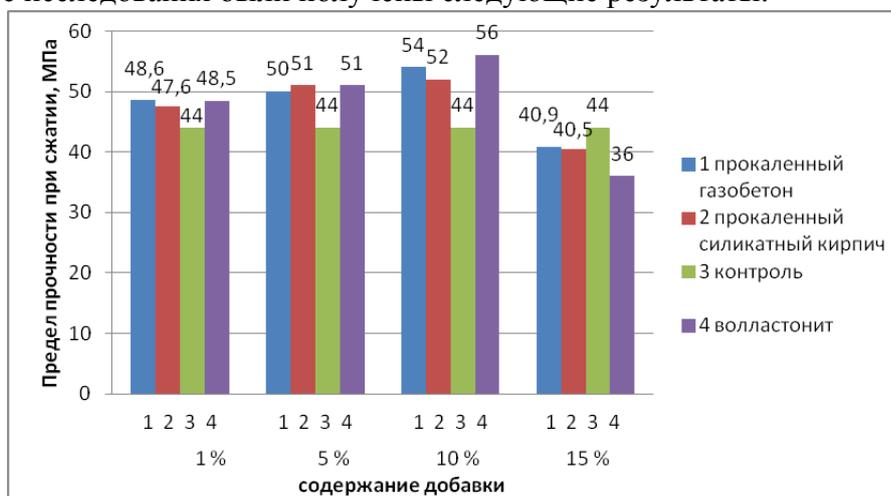


Рисунок 1 - Сравнение прочности составов с минеральными добавками в нормальных условиях твердения на 28 сутки: 1-Прокаленный газобетон при 1000 °С; 2-прокаленный силикатный кирпич при 1000 °С; 3-контрольный ; 4-волластонит

Из рисунка 1 видно, что при введении добавок в количестве 1-10 % прочность составов со всеми добавками выше, чем у контрольного. Наибольшая прочность достигается при введении 5-10 % добавки. Максимальная прочность достигается при введении 10 % добавки.

При введении 10 % волластонита прочность состава превышает контрольный на 27 %, а при введении 10 % газобетона прочность состава превышает контрольный на 22 %, при введении 10 % добавки силикатного кирпича прочность данного состава превышает контрольный на 18 %.

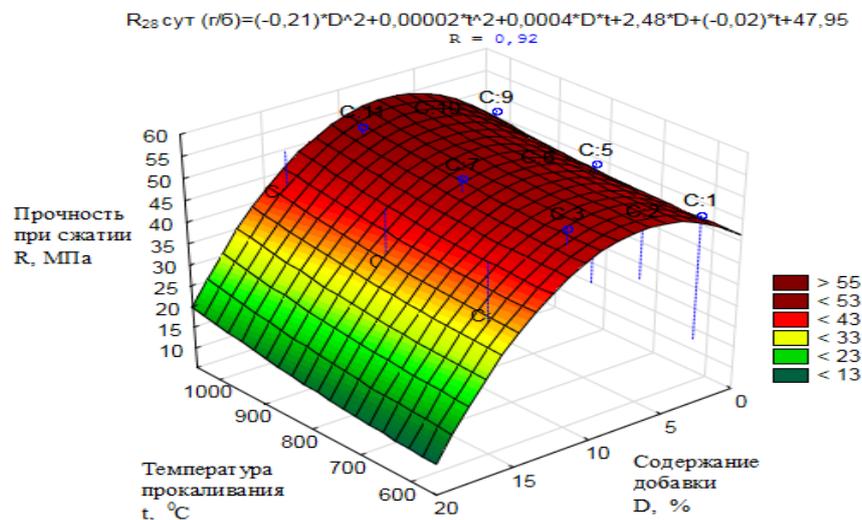


Рисунок 2 – Зависимость изменения прочности цементного камня от температуры прокаливания добавки газобетона и ее количества в нормальных условиях на 28 суток

При анализе зависимости изменения прочности от температуры прокаливания и содержания добавки газобетона (рисунок 2) можно отметить, что у образцов прочность выше при ведении добавки до 10 %. Максимальная прочность достигается у образцов с содержанием 10 % добавки, а минимальная с содержанием 15 %, из этого следует что прочность цемента падает с увеличением количества вводимой добавки и оптимальное количество добавки прокаленного газобетона находится в интервале 5 – 10 %, также прочность цементного камня возрастает с повышением температуры прокаливания. Максимальная прочность достигается при температуре прокаливания 1000 °C.

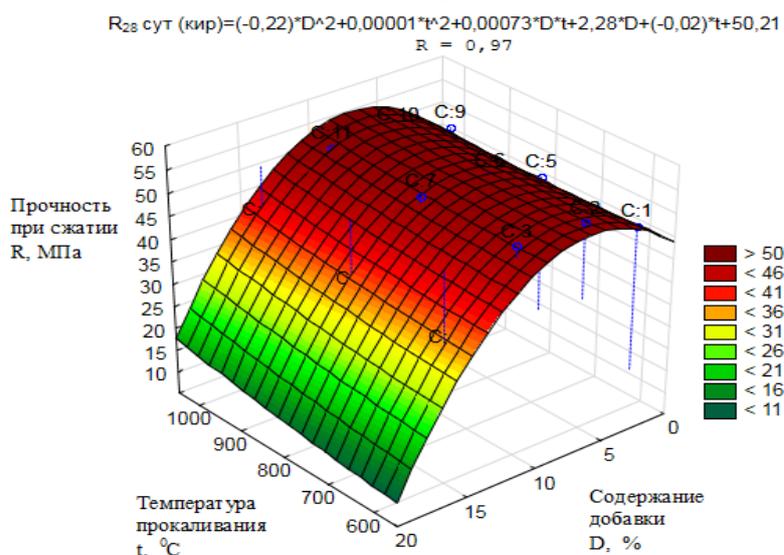


Рисунок 3 – Зависимость изменения прочности цементного камня от температуры прокаливания добавки силикатного кирпича и ее количества в нормальных условиях на 28 суток

Анализируя зависимость изменения прочности (рисунок 3) мы наблюдаем, что прочность выше при введении добавки до 10%. С повышением количества вводимой добавки прочность цементных образцов снижается. Максимальная прочность достигается у образцов с содержанием 10% добавки, а минимальная с содержанием 15%. С повышением температуры прокаливания прочность увеличивается.

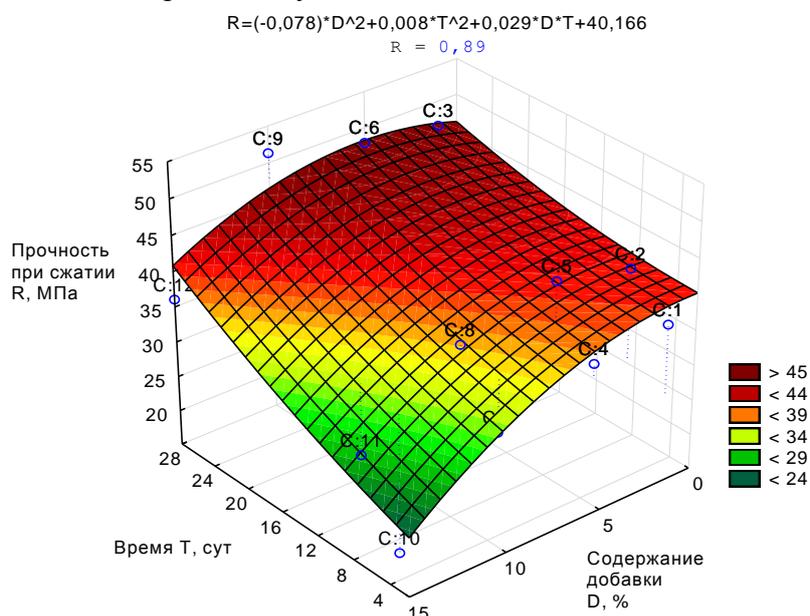


Рисунок 4 – Зависимость набора прочности цементного камня от процентного содержания добавки (прокаленный α -гидрат C_2S), при нормальных условиях твердения

Производя анализ данного рисунка можно наблюдать повышение прочности цементного камня с добавкой на протяжении 28 суток. Максимальная прочность достигается у образцов с содержанием 10% добавки, а минимальная с содержанием 15%. В ранние сроки твердения наибольшая прочность наблюдается в области введения добавки до 5%, с увеличением сроков твердения наибольшая прочность достигается при введении большего процента добавки 5-10 и максимальная прочность наблюдается на 28 суток при введении 10% добавки.

Выводы по работе

1) Исследованы и получены структурно-активные минеральные добавки (САМД), путём прокаливания автоклавного газобетона и силикатного кирпича. Исследована прочность цементного камня из ПЦ 400 Д20 с введением этих структурно-активных минеральных добавок в разном количестве и с разной температурой прокаливания.

2) Для практической реализации установленных эффектов предложена добавка из прокаленного автоклавного газобетона, повышающая прочность цементного камня на 16-22% и добавка из прокаленного силикатного кирпича, повышающая прочность на 16-18%. Механизм действия добавки обусловлен тем, что автоклавный газобетон содержит гидросиликат кальция тоберморит $C_5S_6H_5$, который при прокаливании образует волластонит.

3) Эффект от САМД уменьшается при пропаривании цементного камня поэтому применять данные добавки следует при нормальных условиях твердения.

4) Исследован и получен высокорекреационный двух-кальциевый силикат Ca_2SiO_4 (C_2S), и был использован как добавка к цементам. Эффект полученный этой добавкой - на 16% прочность стала выше контрольного, что допускает использование его как добавку к цементам

Авторы

1 Овчаренко Г.И., Викторов А.В., Садрашева А.О., Песоцкий А.В. Новая классификация минеральных добавок к цементам. // Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные вопросы строительства».- г. Новосибирск, 2015. - В печати.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И БЕТОНОВ С МИКРОКРЕМНЕЗЕМОМ

Крупко А.А., Мосеевский И.С. - студенты, Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Микрокремнезем — это известная высокоактивная минеральная добавка, которая используется более 40 лет. Но поскольку МК обладает повышенной водопотребностью, а слабопластифицирующие добавки типа «ЛСТ» были не способны полностью раскрыть его потенциал, то применение микрокремнезема потеряло свою актуальность до настоящего времени. Сейчас же существует широкий ассортимент пластифицирующих добавок и комплексов на их основе, поэтому применение МК стало вновь актуальным.

Целью работы являлось сравнительное исследование влияния пластифицирующих добавок на подвижность бетонной смеси и прочностные характеристики бетона с микрокремнеземом.

В работе использовались следующие сырьевые материалы: ПЦ М400 Д20 производства ОАО «ИскитимЦемент»; песок обской с модулем крупности 1,2; щебень с верх-катунского гравийно-песчаного карьера ($D_{\min} = 5$; $D_{\max} = 20$); микрокремнезем МК-85 с новокузнецкого завода ферросплавов, $\rho_{\text{нас}}=270$ кг/м³ $S_{\text{уд}} = 15180$ см²/г. В качестве пластифицирующих добавок применялись «Реламикс М», «Штайнберг F-10», «С-3», «КДБ-Б», «Глениум 430», «Глениум 115» и «Динамикс ПК».

Исследования проводились на заводском составе бетона М 200 (В 15) с отпускной прочностью 85 %. Состав: Ц - 450 кг; П - 550 кг; Щ - 1245 кг. Из этого состава изготавливалась бетонная смесь с осадкой конуса 15 см и укладывалась в формы 10x10x10 см, после чего она подвергалась тепловлажностной обработке с режимом 3-6-3 80 °С и выдержкой 4 часа. Образцы испытывались на сжатие сразу после ТВО и ТВО+28.

На первом этапе эксперимента оценивался водоредуцирующий эффект пластифицирующих добавок, а также их влияние на прочность бетона. Добавки вводились в 3 дозировках с целью выявления наиболее оптимального их количества.

Из рисунка 1 видно, что гиперпластификаторы обладают наилучшим водоредуцирующим эффектом и при этом показали практически одинаковые результаты, они снижают количество воды затворения в среднем на 15 - 22 %. Суперпластификаторы показали схожие между собой результаты, они снизили расход воды на 7 - 15 %. Наилучшее снижение воды затворения у всех пластификаторов наблюдается в их максимальной дозировке.

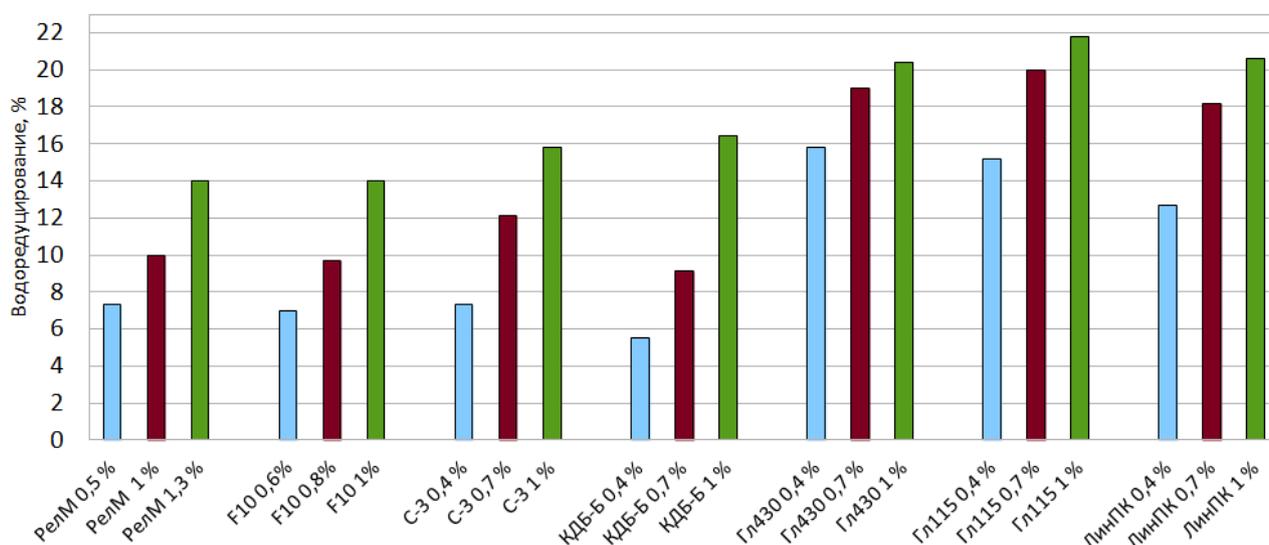


Рисунок 1 - Водоредуцирующий эффект в процентах от контрольного состава

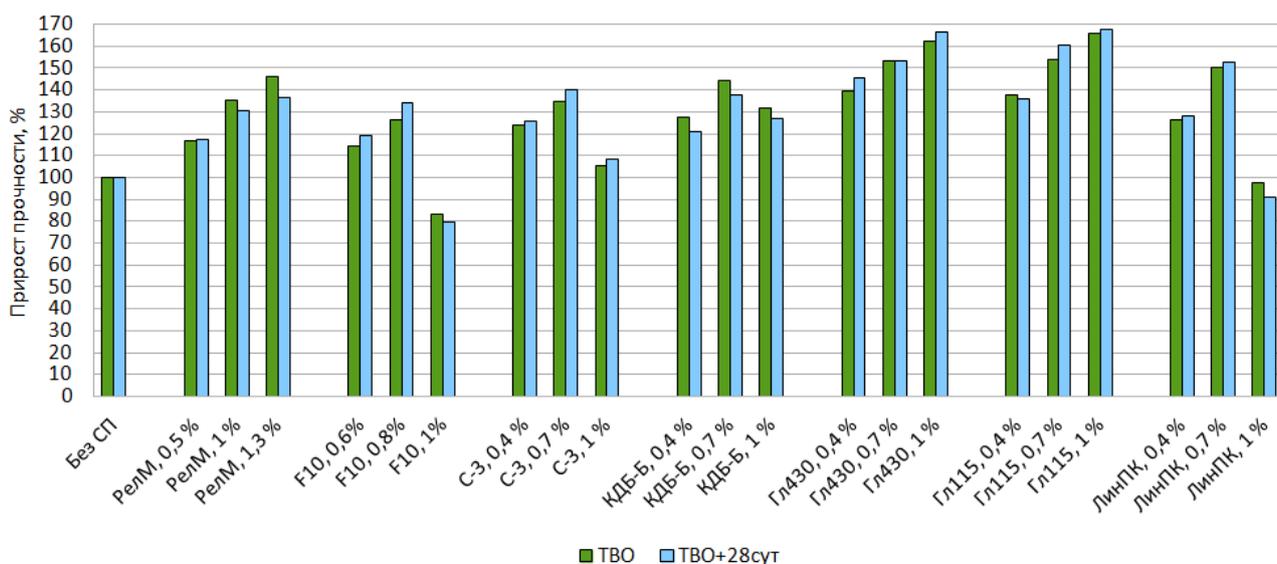


Рисунок 2 - Прочность бетона с разным содержанием пластифицирующих добавок по сравнению с контрольным составом

На рисунке 2 мы видим, что при испытании образцов после ТВО составы с минимальной дозировкой добавок показали прирост прочности 14 — 40 %. Суперпластификаторы повысили прочность на 14 - 27 %. Наиболее эффективными являются гиперпластификаторы, прирост прочности которых составил 26 - 40 %.

Средняя дозировка пластификаторов приближает эффект их действия к максимально рекомендуемой производителями дозировкам. Поэтому средняя дозировка пластификаторов выбралась как наиболее оптимальная.

На втором этапе эксперимента в состав бетонной смеси вводился микрокремнезем в количестве 7,5 %, 10 % и 12,5 % сверх массы цемента, при использовании пластифицирующих добавок в средних дозировках.

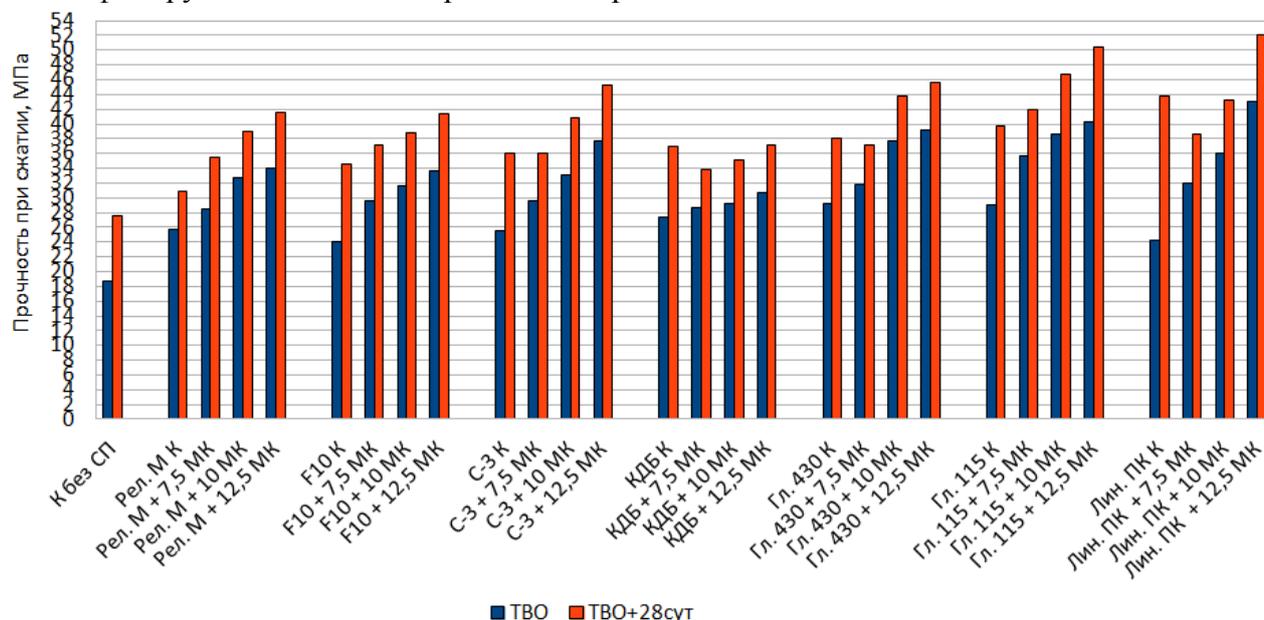


Рисунок 3 - Прочность бетона с добавкой МК и пластификатора

Из рисунка 3 видно, что почти все пластифицирующие добавки, за исключением «КДБ-Б», компенсируют водопотребность МК, поэтому это даёт существенный линейный прирост прочности после ТВО при введении и увеличении его дозировки.

Контрольные составы к 28 суткам сравнивались с составами с МК в количестве 7,5 %. Это показывает, что микрокремнезем лучше всего проявляет свои свойства в ТВО, а дальнейшее

его нахождение в нормальных условиях не дает столь же высоких результатов, чего нельзя сказать про контрольный состав. Он увеличивает свою прочность к 28 суткам на 47 %, а бетоны с МК в среднем на 20 %. Но так как изготовление бетонных и железобетонных изделий осуществляется преимущественно на заводах ЖБИ, то приоритетным является сравнение прочности сразу после тепловлажностной обработки.

Однако, в связи с тем, что большинству заводов ЖБИ не нужно столь значительное повышение прочности относительно проектной марки, то необходимо оценивать возможность снижения содержания цемента в составе бетона.

Выводы:

1. Увеличение количества пластифицирующих добавок в бетонных смесях ведёт к снижению их водопотребности, но не всегда приводит к увеличению прочностных показателей бетона.

2. Среди высокорекреакционных активных минеральных добавок микрокремнезем играет ведущую роль. Введение в бетонную смесь 7,5 - 12,5 % МК совместно с пластификатором увеличивает прочность бетона после ТВО в 1,5 - 2,3 раза.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА ИЗ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛЫ ТЭЦ БЕЗ ЕЁ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ АВТОКЛАВНОЙ ОБРАБОТКИ.

Савицкая О.В., Сагателян А.В. - студенты, Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Основной проблемой предприятий электроэнергетики является образование золошлаковых отходов ТЭЦ. Уровень утилизации этих отходов очень мал, в России составляет около 10%. Одним из преимущественным направлением является применение золошлаковых отходов для производства силикатного кирпича, так как тогда не требуется применять товарную известь или другие вяжущие. Такой способ требует предварительное запаривание высококальциевых зол в автоклаве с целью гашения свободной извести. Поэтому в настоящей работе нами исследованы различные составы с целью производства материала без предварительного гашения высококальциевой золы.

В работе использовалась высококальциевая зола (ВКЗ) ТЭЦ-3 г.Барнаула. Так же применялась кислая зола как активная минеральная добавка. В качестве добавки - активизатора применяли 1-3% NaCl. ВКЗ предварительно размалывалась при энергии помола (E) 100% от стандартного помола клинкера на цемент. Помол золы с целью вскрытия частиц свободного CaO и их измельчения, изготовление изделий ячеистой структуры способствуют снижению деструктивных явления. Образцы-цилиндры размером 50x50 мм прессовали под удельным давлением 20 МПа и запаривали при 1,0 МПа в течении 8 часов.

Известно, что добавление к ВКЗ NaCl приводит к химическим взаимодействиям, в результате которых свободная известь золы превращается в CaCl₂, который участвует в дальнейших реакциях гидратации и взаимодействует с алюминатной и алюмоферритной фазами золы. Образующийся NaOH по реакции:

$NaCl + CaO_{отк} + xCaOyAl_2O_3 + H_2O \rightarrow C_3A CaCl_2 12H_2O + NaOH$, является активизатором автоклавных процессов и способствует повышению прочности камня. Поэтому совместное добавление NaCl может обеспечить бездеструктивное твердение. Добавка NaCl недорогая и она безвредная для здоровья по сравнению с другими химическими добавками, поэтому именно она была выбрана для исследования.

Так как высококальциевые золы изменяют свои свойства от партии к партии, нами проводились исследования устойчивости данной технологии применительно к золам 10 разных проб.

Из рисунка 1 можно сделать вывод, что эффективнее внедрять 2-3% NaCl, т.к. показатели прочности в среднем около 20 МПа, выше, чем при 1%.

Для повышения прочности образцов целесообразно вводить активные минеральные добавки как опока и микрокремнезем от 5% до 15%.

50/50 % (ВКЗ/КУЗ)

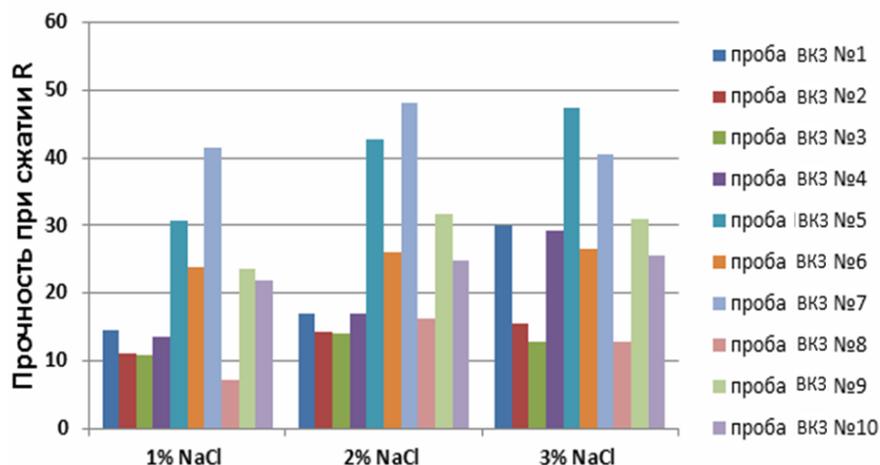


Рисунок 1. Зависимость прочности от процентного содержания NaCl в составе 50/50 ВУЗ/КУЗ на различных пробах при энергии помола 100 %

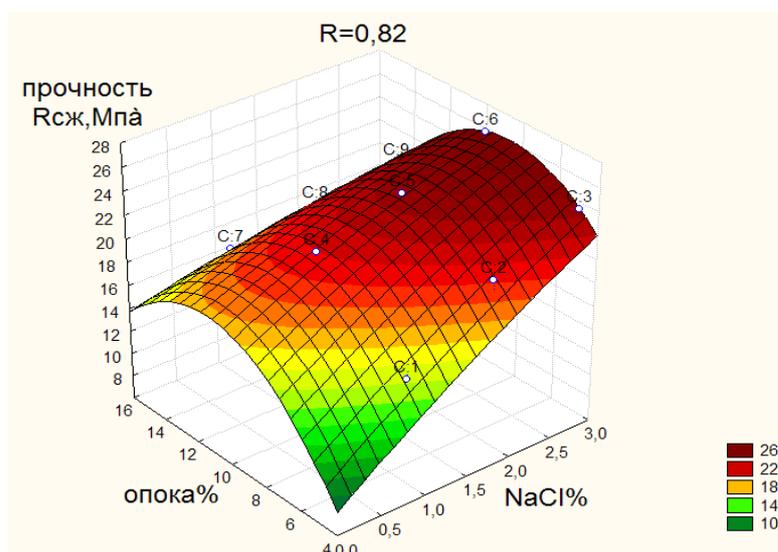


Рисунок 2. Зависимость прочности от процентного содержания NaCl и активной минеральной добавки опоки

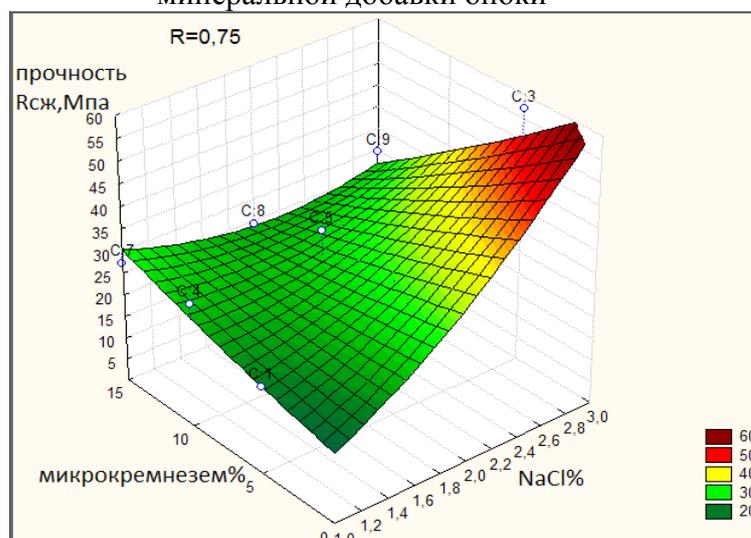


Рисунок 3. Зависимость прочности образцов цилиндров от процентного содержания NaCl и активной минеральной добавки микрокремнезем

На рисунке 2 видно, прочность растет с увеличением добавки NaCl и процентным содержанием опоки. Максимальные значения около 26 МПа.

Из графика 3 отчетливо видно, что с повышением содержания микрокремнезема повышается и прочность. Показатели прочности на сжатие с добавлением микрокремнезема почти в два раза выше, чем показатели с добавлением опоки.

Из графиков можно сделать вывод, что составы, в которых процентное содержание активизирующей добавки NaCl 2-3% показывали прочность выше и не растрескивались, а так же, что на прочность влияет процентное содержание активной минеральной добавки.

По результатам исследования мы видим, что возможна разработка технологической линии по производству золосиликатного кирпича без ее предварительного гашения. Для получения качественного и прочного кирпича можно добавлять активные минеральные добавки такие как опока и микрокремнезем, но с экономической точки зрения целесообразнее изготавливать золосиликатный кирпич с добавкой микрокремнезем в 5 %, так как при этом процентном содержании показатели прочности схожи с заводскими.

РЕГУЛИРОВАНИЕ СОХРАННОСТИ УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ С ВЫСОКОКАЛЬЦЕВОЙ ЗОЛОЙ

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

В наше время затраты на производство бетона и железобетона очень высоки и с целью удешевления производства в состав смеси различные добавки. Наиболее часто применяемой добавкой является высококальцевая зола от сжигания угла на ТЭЦ. Но при введении её в состав бетонной смеси встает проблема быстрых сроков схватывания.

В ходе работы был проведен эксперимент по регулированию сроков схватывания и сохранности удобоукладываемости бетонной смеси. В качестве вяжущего был использован Портландцемент Голухинского цементного завода М 400 Д 20, ГОСТ 10178, Высококальцевая зола Барнаульской ТЭЦ-3 ГОСТ 25818-91, в качестве крупного заполнителя использовали Щебень ГОСТ 10260, мелкого заполнителя - Песок обогащенный ГОСТ 8735, в качестве замедлителя сроков схватывания - Винная кислота.

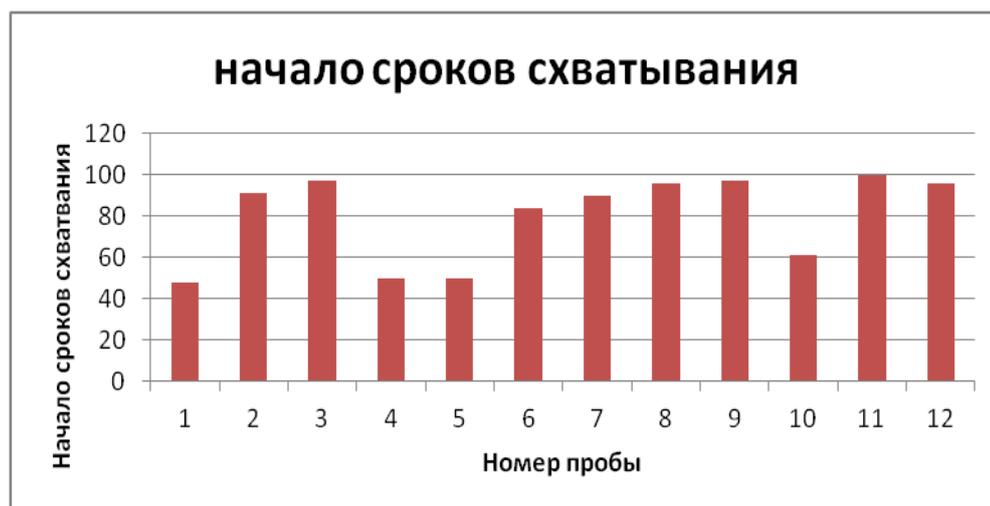


Рисунок 1 – Начало сроков схватывания ПЦ+ВКЗ.

На рисунке 1 показана зависимость начала сроков схватывания цементного теста с добавлением высококальцевой золы. Самые позднее начало схватывания показали пробы №3(ПЦ-70%, ВКЗ-30%), №9(ПЦ-70%, ВКЗ-30%), №12(ПЦ-70%, ВКЗ-30%). Самые ранние

начала схватывания показали пробы №1(ПЦ-70%, ВКЗ-30%), №4(ПЦ-70%, ВКЗ-30%), №5(ПЦ-70%, ВКЗ-30%).

С целью замедления начала схватывания вводим добавки: винная кислота(1%,1,5%,2% от массы вяжущего), Глиоксаль(0,5%, 0,75% от массы вяжущего), пластификатор F10(1% от массы вяжущего) вводился вместе с двухводным гипсом(5% от массы вяжущего). Наилучший результат показала добавка винной кислоты, данные представлены на рисунке 2. В качестве контрольного состава использовалась ПЦ+ВКЗ.

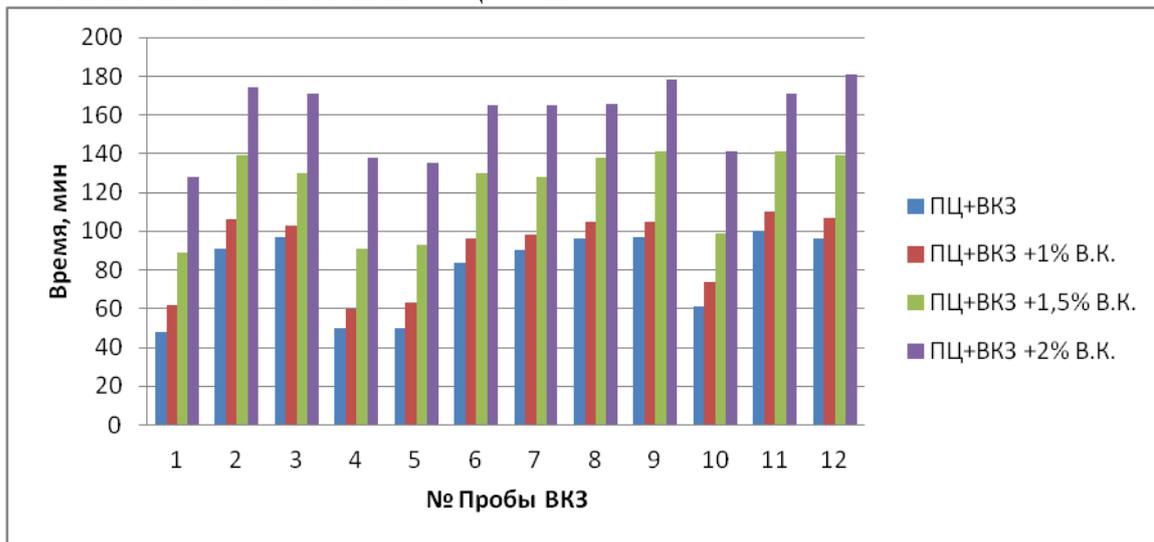


Рисунок 2 – Влияние добавки винной кислоты на начало сроков схватывания

На графике видно, что при увеличении процента добавки по массе, время начала сроков схватывания увеличивается. С добавлением 1% винной кислоты наилучший результат показали пробы №2, №8, №11, с введение 1,5 винной кислоты наилучшие показатели у проб №2, №9, №11, с введение 2% винной кислоты наилучшие показатели у проб №2, №9, №12.

Активность золы так же влияет на сроки схватывания, что показано на рисунке 3.

$$HC = (-1,9) \cdot \Delta t^2 + (14,3) \cdot BK(\%)^2 + (0,11) \cdot \Delta t \cdot BK(\%) + (24,09) \cdot \Delta t + (25,16) \cdot BK(\%) + (-11,88)$$

$$R = 0,91$$

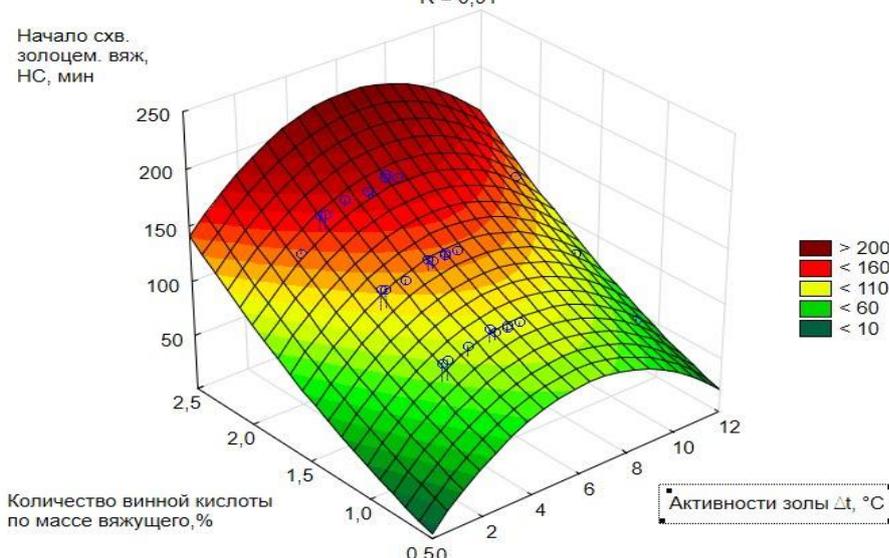


Рисунок 3 – Влияние активности золы на начало сроков схватывания

Из данного графика видно, что при активности золы от 4 до 8 °С сроки схватывания увеличиваются, однако при дальнейшем увеличении активности золы сроки схватывания уменьшаются.

Так же были проведены эксперименты по влиянию добавок на свойства бетонной смеси. Данные по которым представлены на рисунке 4.

На данном графике видно, что с увеличением количества винной кислоты сохранность подвижности возрастает.

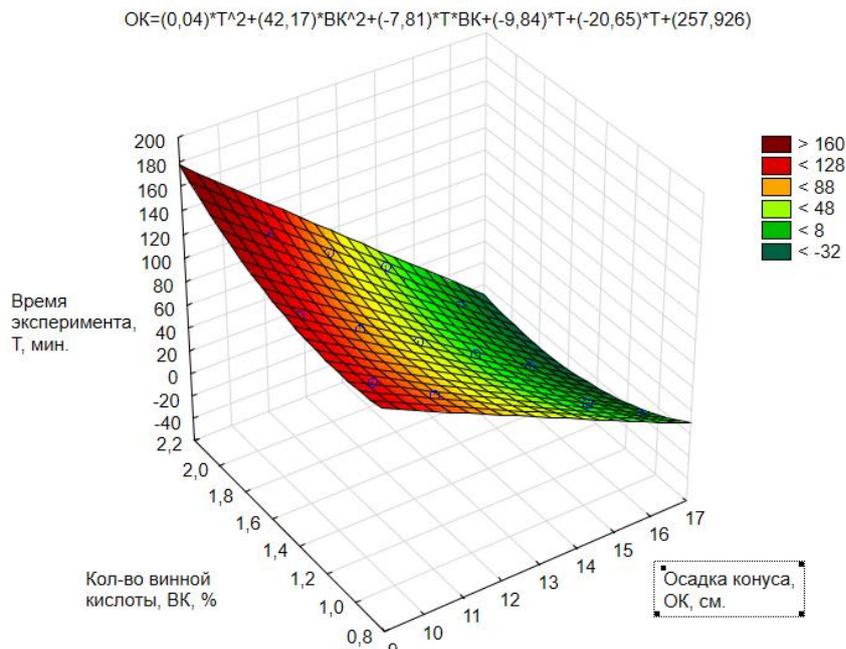


Рисунок 4 – Зависимость потери подвижности от количества введенной добавки

На основе данных опытов можно сделать вывод о том, что при введение добавок в бетон такие как высококальцевая зола можно снизить стоимость производства бетона и железобетона, а при добавлении замедлителей сроков схватывания позволяет дольше сохранять удобоукладываемость бетонной смеси.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИРПИЧНЫХ ГЛИН МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

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

Керамическая промышленность алтая переживает не лучшие времена, от части из-за отсутствия инвестиций в данную отрасль, от части из-за заблуждения о том, что на территории края нет глин, пригодных для производства качественной керамики.

В ходе эксперимента был проведен сравнительный анализ глин трех месторождений Алтайского края: Рассказихинского, Ребризинского и Тальменского, в дальнейшем именуемые Рас., Реб., Тал., а так же эксперимент по введению в состав шихты корректирующей добавки волластонита и его аналога, полученного из обжига автоклавного газобетона, измельченных в лабораторной мельнице до порошкообразного состояния. Все испытания проводились согласно ГОСТ 28177-89, ГОСТ 530-2012.

Данные по исследованию формовочных дообжиговых свойств глины показали, что все три глины не чувствительны к сушке, являются среднепластичными и имеют формовочную влажность в пределах 20-22%. Основные данные по эксперименту приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели качества глины.

| глина | формовочная влажность, % | число пластичности, % | чувствительность к сушке, сек |
|------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Рассказиха | 19 | 18,6 | 4 мин 12 сек |
| Ребриха | 21,2 | 17,3 | 4 мин 32 сек |
| Тальменка | 20,1 | 18,1 | 4 мин 17 сек |

Для нахождения интервала и исследования спекания обжиговых свойств данных глин, формовались цилиндры диаметром 50 мм и высотой 50 мм, сохли при комнатной температуре 3 дня, а затем ставились на сушку в сушильный шкаф, где выдерживались при температуре 100 (+ - 5) °С до постоянной массы, после чего обжигались при 5-ти разных температурах в течении 2-х часов. Данные по исследованию обжиговых свойств глин представлены на рисунках 1, 2 и 3.

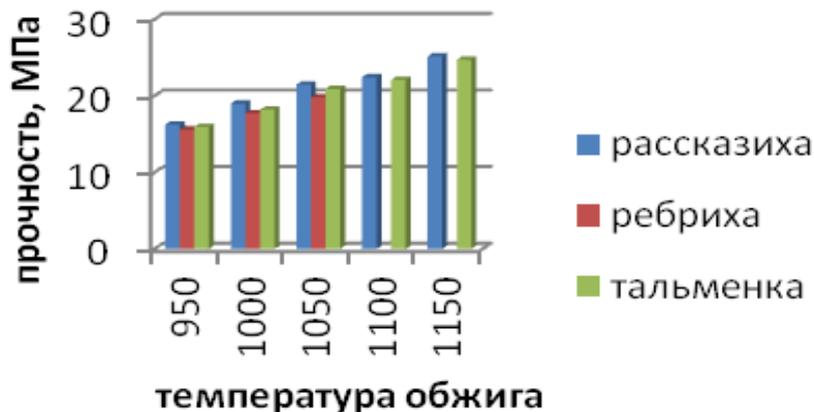


Рисунок 1 – зависимость прочности черепков от температуры обжига.

На рисунке 1 видно что с увеличением температуры обжига увеличивается и прочность образцов на сжатие, причем наблюдается практически линейная зависимость. Однако образцы, заформованные из глины Реб., расплавились при температуре 1100°С, что говорит о большом содержании в ней полевошпата, который является природным плавнем.

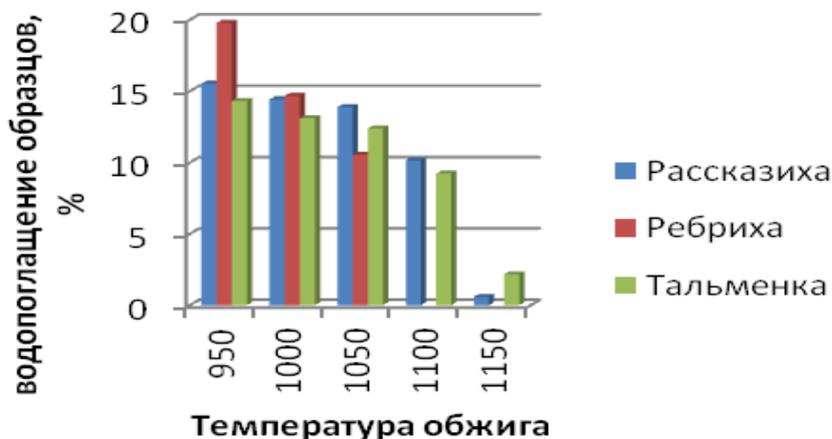


Рисунок 2 - Зависимость водопоглощения черепков от температуры обжига

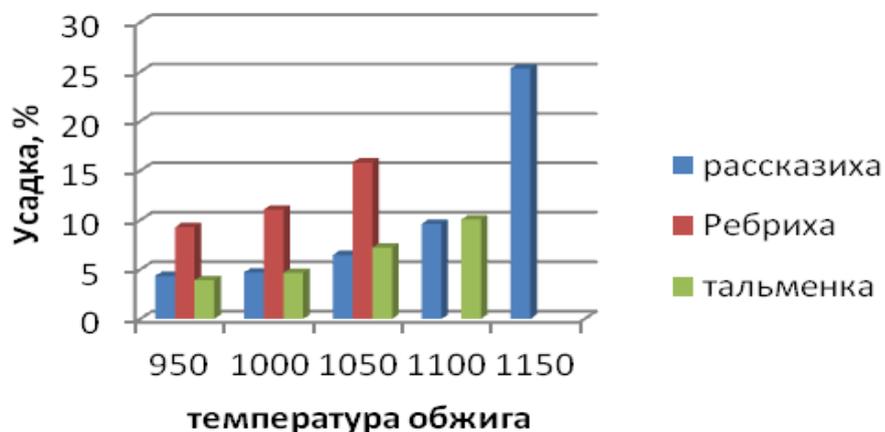


Рисунок 3 - Зависимость усадки черепков от температуры обжига

На рисунке 3 отсутствуют показания зависимости прочности Тал. от температуры обжига, так как при температуре обжига 1150°С произошло набухание черепков.

Было принято решение в дальнейшем проводить обжиг при температуре 1000 °С так как наблюдалось оптимальное соотношение прочности и водопоглощения, которое по ГОСТ 530-2012 не должно быть ниже 8 %.

Для получения еще более качественных черепков в состав шихты вводился волластонит, в качестве корректирующей армирующей добавки, и его аналоги полученные путем прокаливания автоклавного газобетона при температурах 600, 800 и 1000 °С. Известно, что при температуре 800-850 °С тоберморит дегидратирует и превращается в волластонит, что и было взято за основу эксперимента. Далее рассмотрено влияние корректирующих добавок на свойство кирпича на основе ребрихинской глины.

Добавки вводились в количестве 3, 5, 7, 10 % по массе шихты результаты представлены на рисунках 4 и 5.

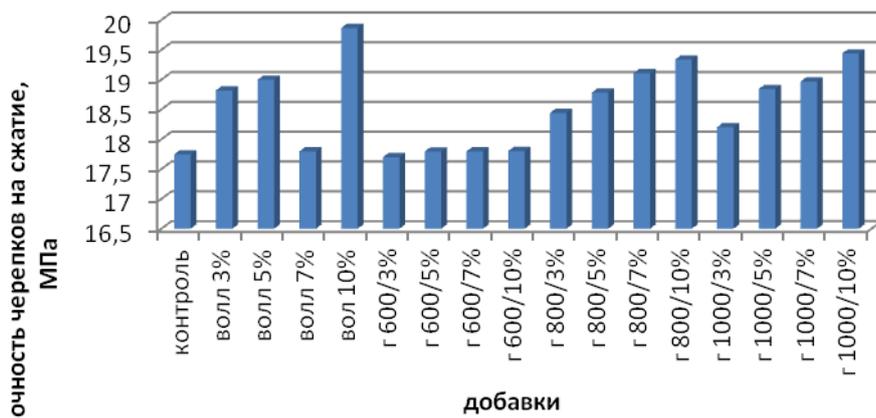


Рисунок 4 – зависимость прочности черепков на сжатие от введенных добавок

$$R(\text{сж}) = (-,15e-4) \cdot T^2 + (-0,009) \cdot \Gamma Б^2 + (0,38e-3) \cdot T \cdot \Gamma Б + (0,02) \cdot T + (-0,07) \cdot \Gamma Б + (8,06)$$

$R = 0,99$

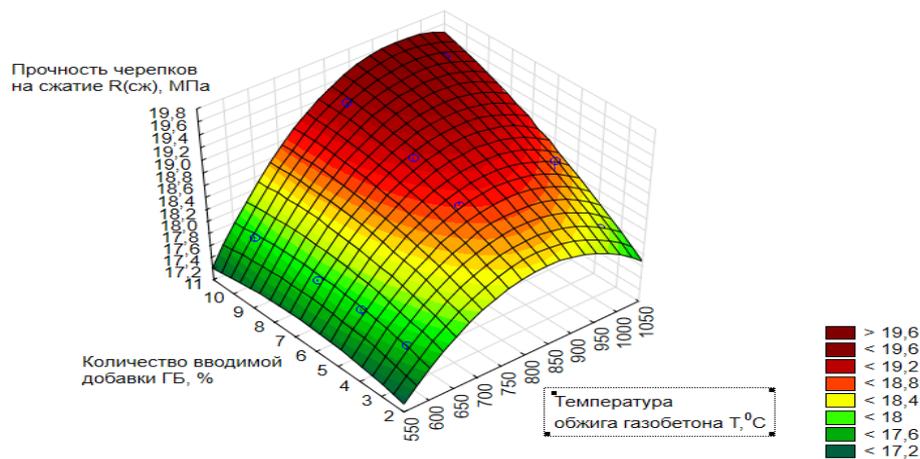


Рисунок 5 – влияние введенных добавок прокаленного газобетона на прочность черепков

Из рисунка 4 видно, что при увеличении дозировки добавки прочность образцов увеличивается, и наибольший прирост прочности дает добавка 10 % волластонита и 10 % газобетона прокаленного при температуре 1000 °С, а наименьший прирост прочности добавка 3 % газобетона прокаленного при температуре 600 °С. На рисунке 5 наглядно видно что при увеличении температуры прокаливания и количества введенной добавки прочностные характеристики улучшаются.

На основе данных опытов можно сделать выводы о том, что алтайские глины хорошо подходят для производства качественных изделий из керамики, керамические образцы показывают неплохие результаты по испытаниям на прочность и водопоглощение. Введение корректирующих добавок положительно влияет на свойство черепков, повышая прочность до 12%. Целесообразнее всего использовать в качестве добавки газобетон, прокаленный при

температуре 1000^oC, так как при использовании данной добавки наблюдается наибольший прирост прочности.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТЬЮ 500 КГ/М³

Панченко Г.Н., Халахин С.А. – студенты, Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время изготовление теплоизоляционного автоклавного газобетона со средней плотностью D500 является перспективным и развивающимся производством. Однако использование теплоизоляционного автоклавного газобетона требует повышения прочности. Есть несколько вариантов повышения прочности теплоизоляционного автоклавного газобетона. Одним из способов решения данной проблемы может являться уменьшение водотвердого отношения (В/Т) путем вибровспучивания и введения пластификатора. Второй способ – это введение в состав газобетона микрокремнезема (МК). Все эти способы оказывают положительное влияние на прочностные свойства автоклавного газобетона.

Целью настоящей работы является выявление путей повышения прочности теплоизоляционного автоклавного газобетона.

Для проведения эксперимента было использовано: известь ЗАО «ЗЯБ» с активным СаО 66 %, ПЦ М400 Д20 Голухинского цементного завода, боровой песок Черемного месторождения, МК-85, пластификатор С-3.

Изучение изменения прочности автоклавного газобетона проводилось на образцах кубиках размером 10x10x10 см. Помол песка осуществлялся в шаровой мельнице сухим способом до удельной поверхности 3500 см²/г. Смешивание сырьевых материалов происходило в такой последовательности: вода, песок, цемент, известь и водно-алюминиевая суспензия. Вода для вспучивания газобетонной массы подогревалась до температуры 60^oC. Автоклавная обработка осуществлялась по режиму 4-8-3,5 ч под давлением 11 атм.

Первым этапом было нахождение оптимального состава сырьевых материалов для получения наибольшей прочности. Как видно на рисунке 1, что доля цемента в вяжущем при 0,25 показывает наибольший пик прочности, а отношение кремнеземистого компонента к вяжущему при n=0,25 показывает максимальный пик прочности при 1,6-1,7.

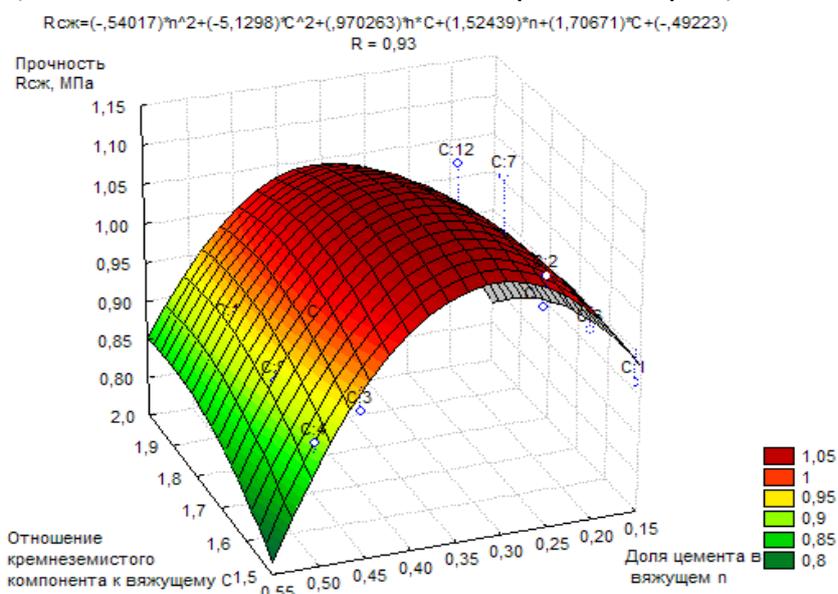


Рисунок 1 – Зависимость прочности автоклавного газобетона от доли цемента в вяжущих и кремнеземистого компонента

Вторым этапом мы находили пути повышения прочности автоклавного газобетона. Первый способ повышения прочности показан за счет уменьшения В/Т на рисунках 2 и 3. На рисунке 2 видно, что вибротехнология снижает В/Т более эффективней, чем введение пластификатора С-3. А на рисунке 3 видно, что увеличение пластификатора С-3 повышает прочность. Также вибротехнология, по сравнению с литевой технологией, эффективно повышает прочность.

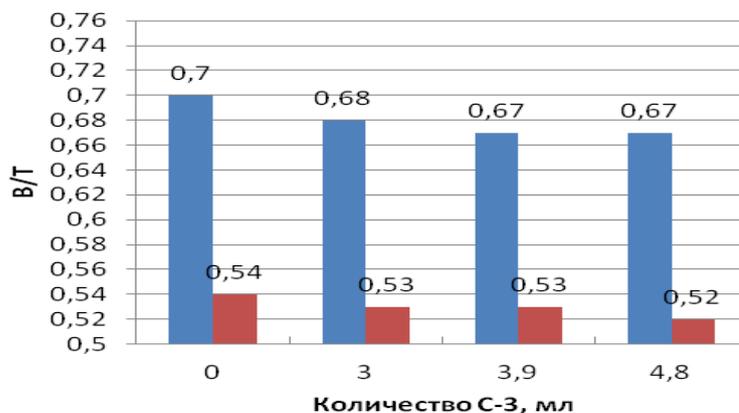


Рисунок 2 – Зависимость В/Т от введения пластификатора С-3 по литевой и вибротехнологии

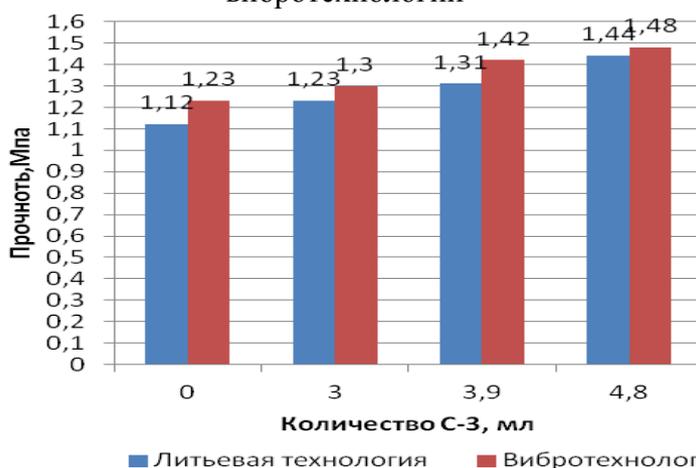


Рисунок 3 – Зависимость прочности от введения пластификатора С-3 по литевой и вибротехнологии

Второй способ повышения прочности показан на рисунке 4. Микрокремнезем активно повышает прочность автоклавного газобетона. МК вводился путем замены тонкомолотого песка.

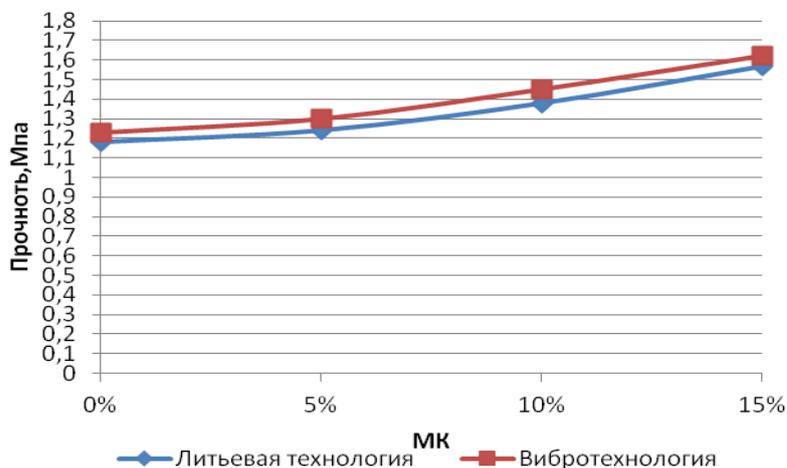


Рисунок 4 – Влияние микрокремнезема на прочность автоклавного газобетона

Таким образом, повышение прочности можно добиться путем введения добавок пластификатор С-3 и МК (микрокремнезем). МК требует большого количества воды, особенно при 15%, что повышает отпускную влажность изделий. Пластификатор снижает В/Т и повышает прочность изделий, особенно по вибротехнологии.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И БЕТОНОВ

Шмыков В.Н., Кошелев Е.В. – студенты, Хижинкова Е.Ю. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Высокоподвижные бетонные смеси в настоящее время широко востребованы как при монолитном способе возведения зданий, так и в кассетном производстве ЖБИ. Однако существенным недостатком таких смесей является повышенный расход цемента и как следствие повышение себестоимости продукции. Введение активных минеральных добавок может решить данную проблему, однако их использование требует.

Целью работы являлись исследование влияния активных минеральных добавок высококальциевой золы и микрокремнезёма на свойства высокоподвижных бетонных смесей и бетонов.

В качестве сырьевых материалов использовались портландцемент М400 Д20 Искитимского цементного завода, песок поймы реки Обь $M_{кр}=1,3$, щебень Верх-Катунского гравийно-песчаного карьера $D_{min}=5$ мм, $D_{max}=15$ мм, добавка суперпластификатор С-3, 13 проб высококальциевой золы (ВКЗ) от сжигания бурого угля ТЭЦ-3 г. Баранула с содержанием СаОсв сумм от 3,78 % до 6,17 %, микрокремнезем производства ОАО «Кузнецкие феросплавы» г. Новокузнецка с содержанием активного кремнезёма 85% .

Оценка степени влияния собственных деформаций в золоцементном камне проводилась на образцах-балочках размерами 20*20*250 мм, образцы - балочки твердели в нормальных условиях (НУ), также подвергались тепловлажностной обработке (ТВО) и автоклавной при 10 и 20 атм. Для оценки прочности бетонов формовались образцы-кубы размером 100*100*100 мм из бетонной смеси с осадкой конуса 20 см. Цемент заменялся высококальциевой золой в количестве 30, 40 и 50 %. Дополнительно доля вяжущего в составе бетона увеличивалась в 1,3 раза; взамен доли щебня. Образцы – кубы твердели при (ТВО) по режиму 3-6-3 часа, при температуре 60 С⁰ и далее в НУ, помимо этого они твердели 28 суток в НУ.

Как видно из рисунка 1, повышенное содержание ВКЗ в составе бетона способствует развитию деформативных явлений в материале. Данное явление возможно предотвратить путём введения в состав бетонной смеси МК и взаимодействия аморфного кремнезёма с СаОсвоб золы с образованием С-S-H геля. Однако следует отметить, что введение МК в небольших дозировках не способствует существенному снижению деформаций. Эффективным и целесообразным будет использование дозировок ВКЗ – 50 % и МК – 7,5 %. При таких дозировках отмечается уменьшение величины деформаций образцов в 2,5 раза.

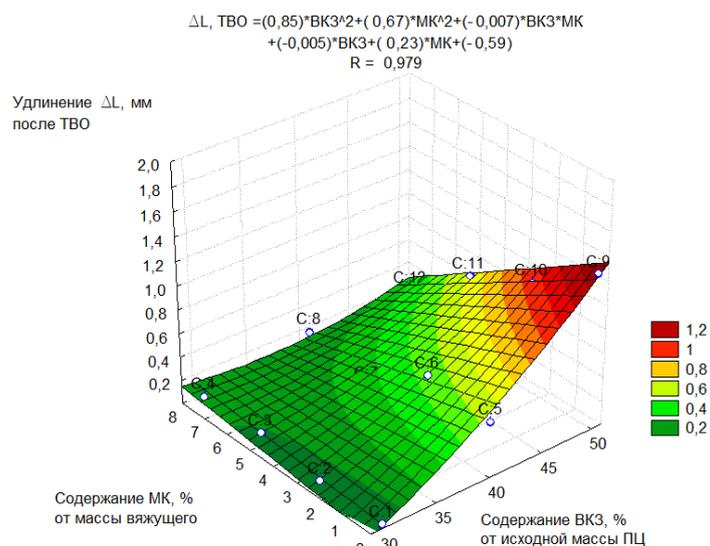


Рисунок 1 - Зависимость собственных деформаций образцов ЦЗВ после ТВО от содержания ВКЗ и МК

Весьма мелкий гранулометрический состав и значительная удельная поверхность зерен аморфного кремнезема обуславливают высокие пуццолановые свойства и позитивное влияние микрокремнезема на свойства бетона. В связи с этим МК отличается высокой водопотребностью. В равноподвижных смесях на каждый килограмм введенного в смесь МК расход воды возрастает на 1 л.

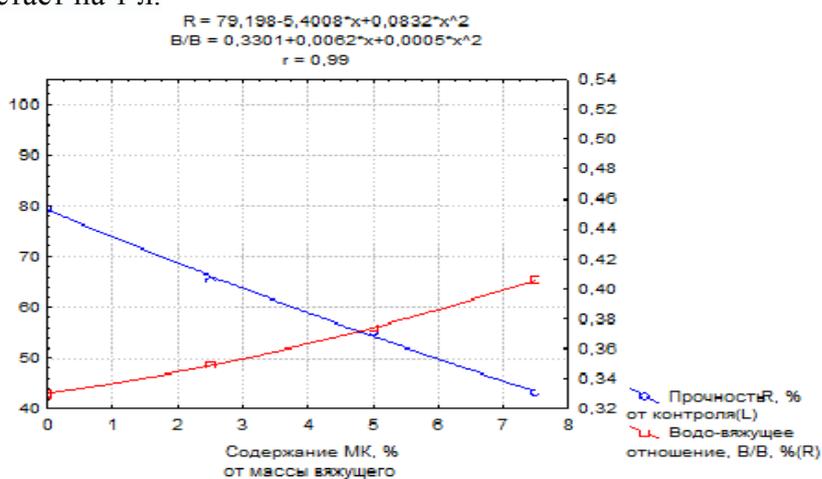


Рисунок 2 - Влияние содержания микрокремнезёма на водопотребность бетонной смеси на вяжущем составе (ПЦ:ВКЗ 50:50)

Из рисунка №2 видно, что повышение доли МК доли в составе бетона приводит к повышению водо-вяжущего отношения и некоторому снижению прочности. Поэтому его применение возможно совместно с суперпластификатором, позволяющим значительно уменьшить расход воды.

Результаты, представленные на рисунке 3, показывают зависимость прочности, в первую очередь, от содержания МК, а так же от доли пластификатора. Действие пластификатора значительно проявилось в составах с высоким содержанием микрокремнезёма и пластификатора. Можно отметить, что увеличение доли пластификатора способствует увеличению показателей прочности и максимальная прочность наблюдается у состава с содержанием МК 7,5% и С-3 1%.

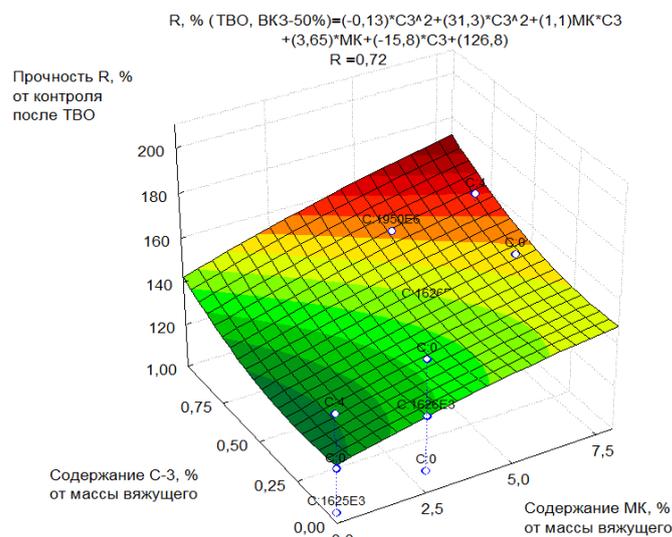


Рисунок 3 - Зависимость прочности бетонов на ЦЗВ состава (ПЦ:ВКЗ 50:50) после ТВО от содержания МК и С-3

Таким образом, использование минеральных добавок таких как микрокремнезём и высококальциевой золы требует комплексного подхода. Введение микрокремнезёма совместно с высококальциевой золой позволяет получить бетоны марочной прочности, не уступающие бетонам контрольных образцов, и при этом снизить расход цементного вяжущего.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА НА ЦЕМЕНТАХ ЗАВОДОВ СИБИРИ

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

В настоящее время, требования предъявляемые к приведенному сопротивлению теплопередачи наружных стен зданий возросли в 1,4 – 2,5 раза. В связи с этим возникла потребность в эффективных, недорогих теплоизоляционных материалах. На Российском рынке широко представлены минераловатные и пенополистерольные утеплители, доля рынка занимаемого ячеистым бетоном составляет 32,8 %. Между тем, неавтоклавный газобетон является перспективным теплоизоляционным материалом, так как обладает экологической и пожарной безопасностью, долговечностью, эксплуатационной совместимостью с конструкционными материалами, распространенностью применяемого сырья, невысоким уровнем производственных затрат при изготовлении и другими ценными качествами.

Исходя из всего вышеперечисленного, в настоящее время особенно актуальны теплоизоляционные материалы с оптимальными экономическими показателями и улучшенными теплоизоляционными свойствами. Эти две проблемы позволяет решить неавтоклавный газобетон.

В ходе эксперимента изготавливался неавтоклавный газобетон на основе «Искитимского», «Голухинского» и «Топкинского» цементного вяжущего. Данные по испытанию которых приведены в таблице 1. В качестве заполнителя использовался песок с поймы р. Оби, газообразователь - алюминиевая пудра и химические добавки: NaCl; COOHNa; K₂CO₃.

Таблица 1- Основные характеристики вяжущих.

| Цемент | Удельная поверхность, см ² /г | Остаток на сите № 008, % | Сроки схватывания |
|----------------------------|--|--------------------------|---------------------------------------|
| ПЦ 400 Д20 Голухинский | 2520 | 5 | начало-2ч 20 мин; конец-4 ч 35 мин |
| ПЦ 400 Д20- Искитимский | 2580 | 4.9 | начало-45 мин; конец-4ч |
| ПЦ 500 Д0- Топкинский | 3320 | 4.1 | начало-55 мин; конец-3ч 35 мин |

Для нахождения оптимального состава неавтоклавного газобетона формовались образцы размерами 10x10x10 см, набирали прочность в нормальных условиях, испытывались на предел прочности, определялась их влажность и средняя плотность. Испытание на набор прочности проводились на 1,3,7 и 28 сутки результаты которых приведены на рисунке 1.

На рисунке 1 видно, что прочность образцов возрастает линейно и по истечению 28 суток достигла своего максимума. Наилучший результат показал образец из «Голухинского вяжущего» с добавкой K₂CO₃ - поташ 2,2 МПа и наихудший из «Топкинского вяжущего» с добавкой NaCl- поваренная соль 0,76 МПа, плотность кубиков составила 750 кг/м³. Образцы заформованные из «Топкинского» цемента показали низкие результаты, для их улучшения было принято решение заформовать образцы с заменой песка на молотый в процентном соотношении 25%. Их результаты приведены ниже на рисунке 2.

На рисунке 2 представлен график набора прочности образцов с заменой 25 % песка на молотый и в результате чего наилучший показатель 2,25 МПа с применением добавки K₂CO₃ на «Искитимском» цементе. Что касается образцов из «Топкинского вяжущего», прочность возросла, лучший образец с добавкой K₂CO₃ - 1,8 МПа. Средняя плотность кубиков 700 кг/м³, соответствует классу по прочности В 1,5 - ГОСТ 21520 – 89.

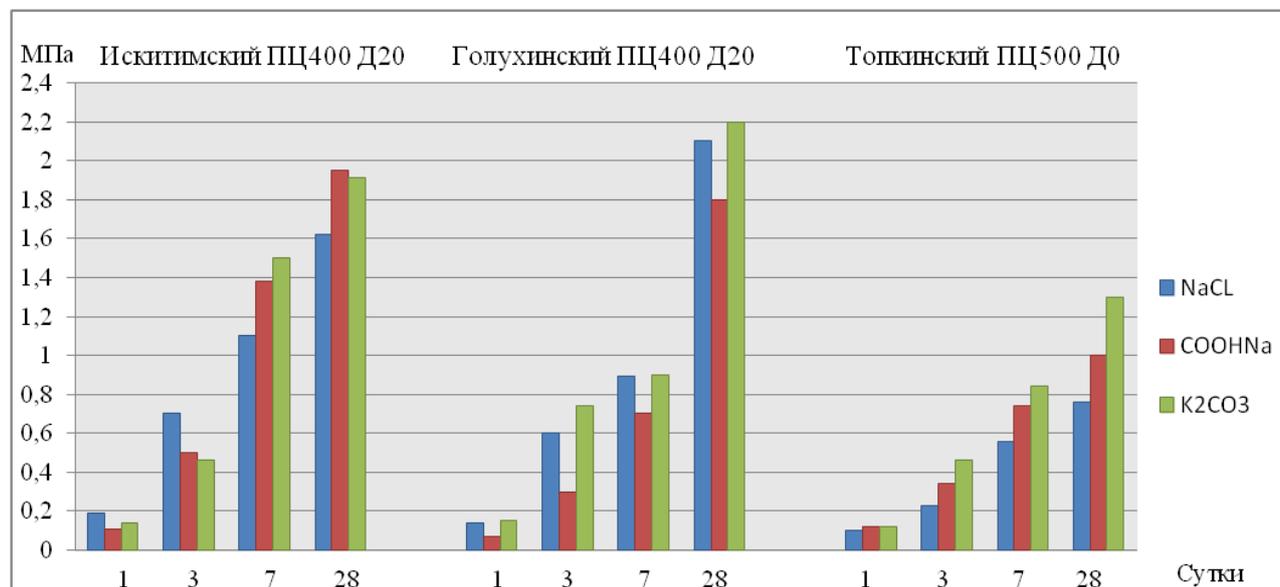


Рисунок 1-Кинетика набора прочности образцов

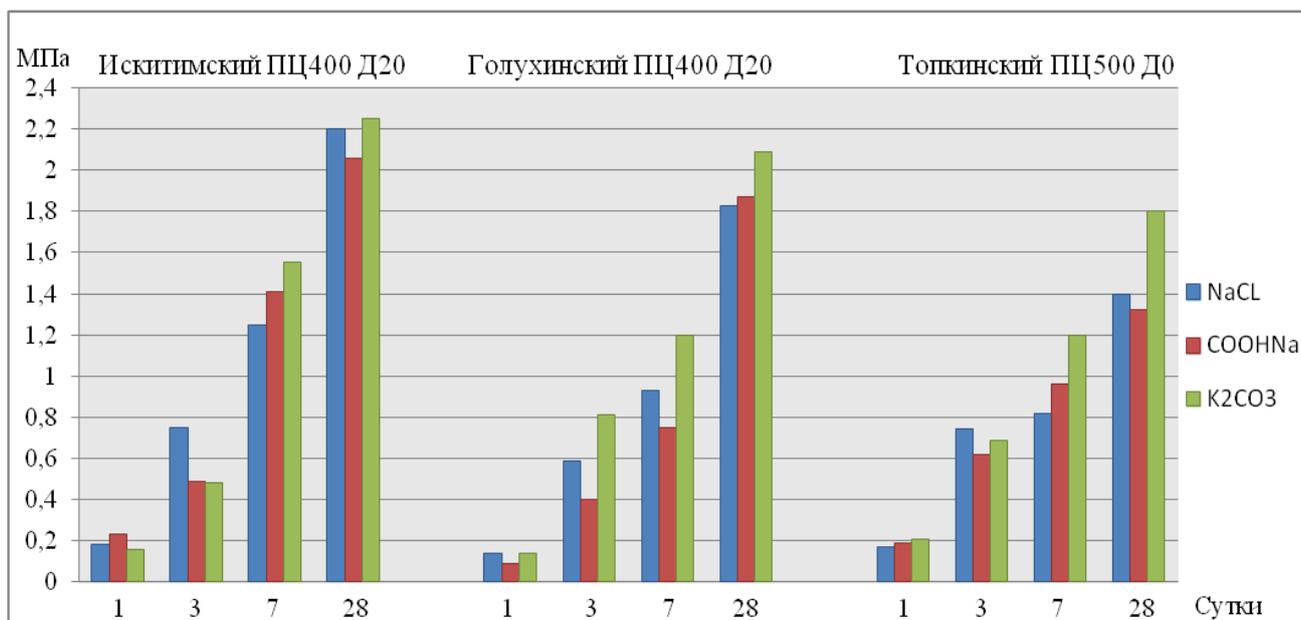


Рисунок 2- Кинетика набора прочности образцов с заменой 25% песка молотым

Применение химических добавок ускоряющих твердения положительно влияет на сроки схватывание газобетонного массива, а так же набор прочности кубиков. Что касается технологической части применение добавок, то имеются трудности в подборе состава газобетона, поскольку при формовании образцов с использование K₂CO₃, температура суспензии не должна превышать 25°C. Иначе газобетонный массив быстро схватывается. Тем самым горбушка образцов не достигает нужной высоты, плотность образцов повышается, что не приемлемо в условиях производства.

На основе данных опытов можно сделать выводы о том, что применение молотого песка положительно сказывается на неавтоклавному газобетоне, т.к. межпоровые стенки упрочняются, а плотность кубиков уменьшается. В результате этого теплоизоляционные и прочностные - одни из основных показателей, повышаются. Вследствие всего выше перечисленного можно предполагать что замена обычного песка на молотый в большем процентном соотношении, произведет прирост основных характеристик для неавтоклавному газобетона.

ПЕРЕРАБОТКА БЕТОННОГО ЛОМА

Гребенникова В.С., Мизанова О.Ю. – студенты, Овчаренко Г.И. – д. т. н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В связи с реконструкцией и сносом зданий и сооружений из тяжелого бетона, в последние годы актуальной становится проблема переработки бетонного лома. Наиболее простой и распространенной на данный момент технологией является переработка бетонного лома на вторичный щебень. Образующийся при этом отсев дробления применяют лишь в качестве добавки-заполнителя. При этом растворной части в тяжелом бетоне в полтора раза больше чем щебня. Поэтому проблема эффективного использования отсева дробления бетонного лома остается актуальной.

Целью работы является переработка растворной части бетонного лома в структурно-активную минеральную добавку (САМД) для цементов и бетонов. В качестве САМД в соответствии с новой классификацией АМД предложено считать добавки типа волластонита, ранкинита, диоксида [1].

Известно, что C-S-H - гель цементного камня при прокаливании превращается в волластонит, поэтому в эксперименте полностью гидратированный цементный камень и

растворная часть (ПЦ + песок) лома прокаливались при температурах 500 °С, 750 °С, 1000 °С. Полученные продукты дегидратации добавляли в количестве 10 %, 20 %, 30 %, 40 % к ПЦ400 Д20 Искитимского цементного завода. Из полученного композиционного цемента из теста нормальной густоты изготавливались образцы 2×2×2 см, которые твердели 7 и 28 суток в нормальных условиях или при ТВО (режим: 3-6-3 часа, t=80 °С) и ТВО+28 суток.

При добавлении в цемент прокаленного цементного камня, мы столкнулись с проблемой быстрого схватывания, из-за чего образцы прироста прочности практически не показали, поэтому в дальнейшем мы отказались от такой добавки.

$$R_{сж} = (0,1) \cdot D^2 + (-18,7) \cdot T^2 + (0,16) \cdot D \cdot T + (-1,09) \cdot D + (64,01) \cdot T + (109,2)$$

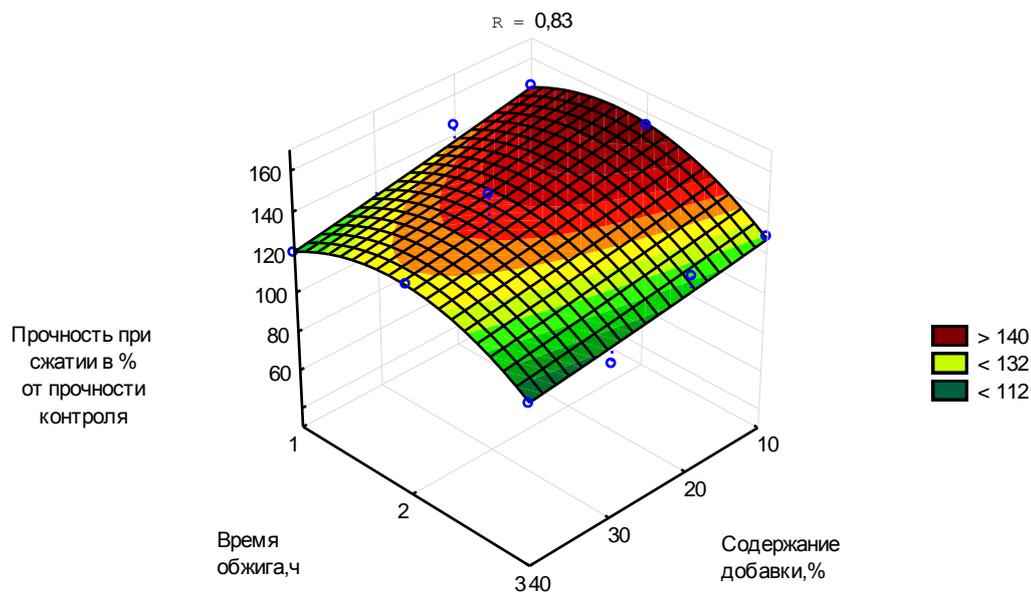


Рисунок 1 – Зависимость прочности образцов с добавкой растворной части 1 ПЦ400 Д20 + 2 Речной песок + 15% МК + 1% С-3 прокаленной при 500 °С от времени прокаливания и количества добавки после ТВО

На рисунке 1 представлена зависимость прочности образцов с добавкой растворной части 1 ПЦ400 Д20 + 2 Речной песок + 15% МК + 1% С-3 прокаленной при 500 °С от времени прокаливания и количества добавки после ТВО, на ней видно, что с уменьшением количества добавки при времени прокаливания от 1 до 2 часов прочность возрастает по сравнению с прочностью контроля, а при дальнейшем увеличении времени прокаливания какой-либо зависимости не прослеживается. Такая же зависимость прослеживается и при нормальных условиях твердения. При той же температуре прокаливания образцы с добавкой просто растворной части (1 ПЦ400 Д20 + 2 Речной песок), только достигают прочности контроля, но не превышают её.

При повышении температуры прокаливания до 750 °С зависимости немного меняются.

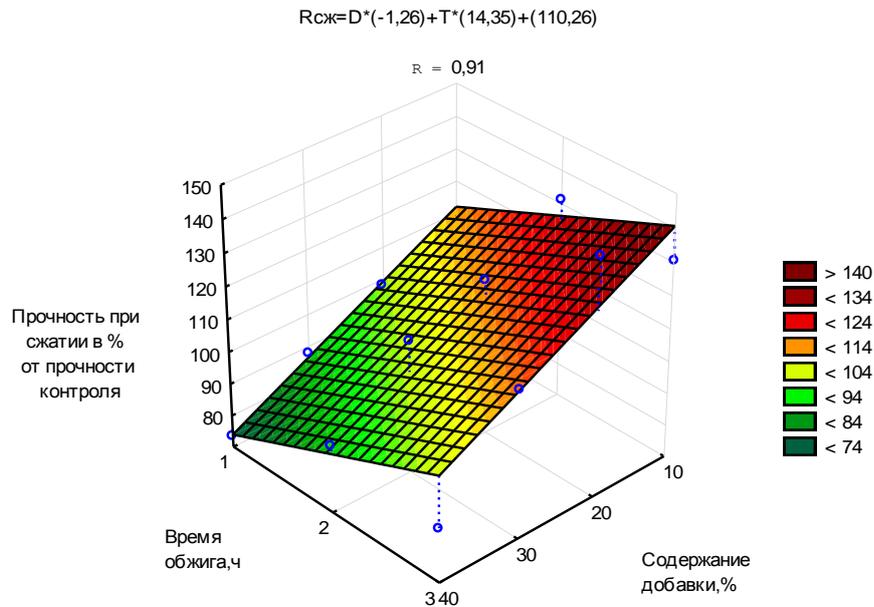


Рисунок 2 – Зависимость прочности образцов с добавкой растворной части 1 ПЦ400 Д20 + 2 Речной песок прокаленный при 750 °С от времени прокаливания и количества добавки после ТВО

На рисунке 2 представлена зависимость прочности образцов с добавкой растворной части 1 ПЦ400 Д20 + 2 Речной песок прокаленный при 750 °С от времени прокаливания и количества добавки после ТВО прирост прочности до 20 % показывают образцы с добавкой от 10 % до 20 % при прокаливании от 2 до 3 часов. Зависимость прочности образцов при твердении в нормальных условиях выглядит аналогично, но дает меньший прирост прочности до 10 %, как и образцы с добавкой растворной части с МК.

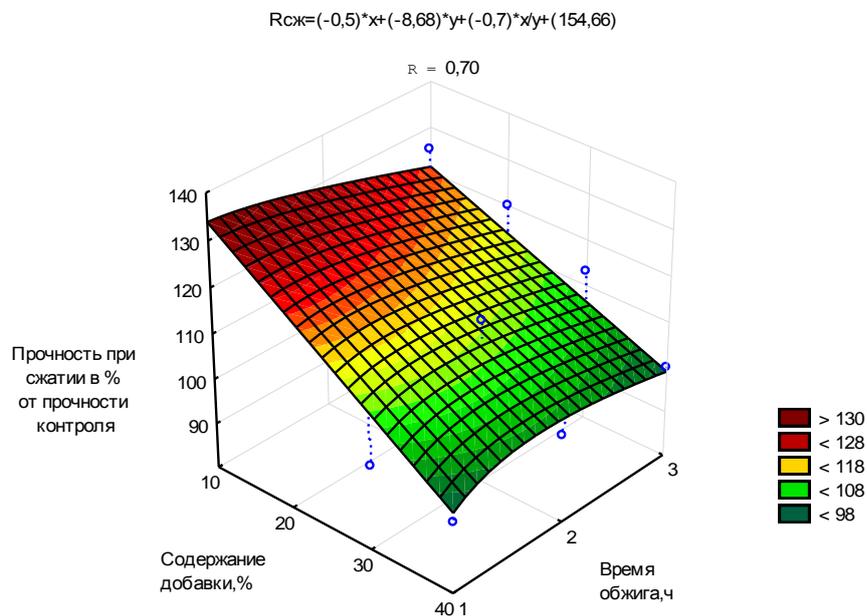


Рисунок 3 – Зависимость прочности образцов с добавкой растворной части 1 ПЦ400 Д20 + 2 Речной песок прокаленный при 1000 °С от времени прокаливания и количества добавки после ТВО

При температуре прокаливания 1000 °С, достаточно добавлять просто прокаленную растворную часть при этом зависимость прочности образцов после ТВО (рисунок 3) выглядят таким образом: время прокаливания не влияет на прочность образцов, а уменьшение количества добавки увеличивает прочность до 50 % от прочности контроля. При

твердении в нормальных условиях прирост прочности до 10 %, в то время как добавление растворной части с МК при тех же условиях дает прирост прочности до 40 %.

Подводя итоги исследования, можно сказать следующее:

- как при пропаривании так и при нормальных условиях твердения добавка прокаленной растворной части увеличивает прочность контрольного цемента;
- наибольших значений прочность достигает при добавлении прокаленной при 1000 °С растворной части бетонного лома;
- оптимальная дозировка добавки находится в интервале 10 – 20 %;
- растворную часть бетонного лома можно применять как добавку в цементы и бетоны.

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ИЗВЕСТКОВО-ЗОЛЬНОГО АВТОКЛАВНОГО КАМНЯ ПОВЫШЕННОЙ ОСНОВНОСТИ

Головатенко Е.В., Пахомов А.В. – студенты, Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Из литературы известно, что основность автоклавного вяжущего не должна быть более 0,8- 1, так как при превышении этих значений прочность камня снижается из-за синтеза α -гидрата C_2S . Но в то же время некоторые авторы указывают, что небольшое присутствие α -гидрата положительно сказывается на морозостойкости камня. Если в известково-кварцевых системах проблема повышенной основности системы не стоит, то в композициях на основе высококальцевых зол или ДГШ задачу максимальной основности смесей необходимо реализовать на практике.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния основности известково-зольных (кислая зола ТЭЦ (КУЗ)) композиций на свойства автоклавного камня.

В ходе эксперимента изготавливались известково-зольные образцы-цилиндры диаметром и высотой 50 мм по стандартной для силикатного кирпича технологии, с содержанием извести по массе 20 и 50 %. Образцы запаривались в автоклаве при давлении 1 МПа в течение 50. Контрольные образцы изготавливались из молотой извести и кварцевого песка по той же технологии и запаривались в автоклаве в течение 10 часов. При изготовлении образцов использовали кислую золу (КУЗ) Новосибирской ТЭЦ5 от сжигания каменного угля Кузбаса; товарную известь I сорта с содержанием активных CaO и MgO в количестве 97% ; добавку-активизатор Na_2SO_4 ; доменный гранулированный шлак (ДГШ) ЗапСиб; активизатор NaOH; в качестве укрупняющей добавки для приготовления контрольных известково-кварцевых образцов – кварцевый песок.

Как показано в [1], при автоклавировании в течении 50 часов композиции из 20 % извести + 80 % кислой золы, в камне примерно в равных количествах формируется Al – замещенный тоберморит и C-A-S-H – гель. Добавление в систему Na_2SO_4 приводит к почти полной кристаллизации C-A-S-H в Al – замещенный тоберморит. Прочность автоклавного камня определяется содержанием геля C-A-S-H, а не тоберморита. Для получения только C-A-S-H – геля ДГШ активизировали 3% NaOH и запаривали в автоклаве при 1 МПа в течении 10 часов. В работе [2] показано, что фазовый состав камня из высокоосновной ($K_{осн.}=1,5$) известково-зольной композиции после автоклавирования в течение 50 часов изотермы при 1,0 МПа представлен гелевидной фазой C-A-S-H, альфа-гидратом C_2S или фазой $C_2SH(A)$ и тоберморитом, при этом с увеличением времени автоклавирования содержание фаз $C_2SH(A)$ и тоберморита растет, а гелевидной фазы – уменьшается.

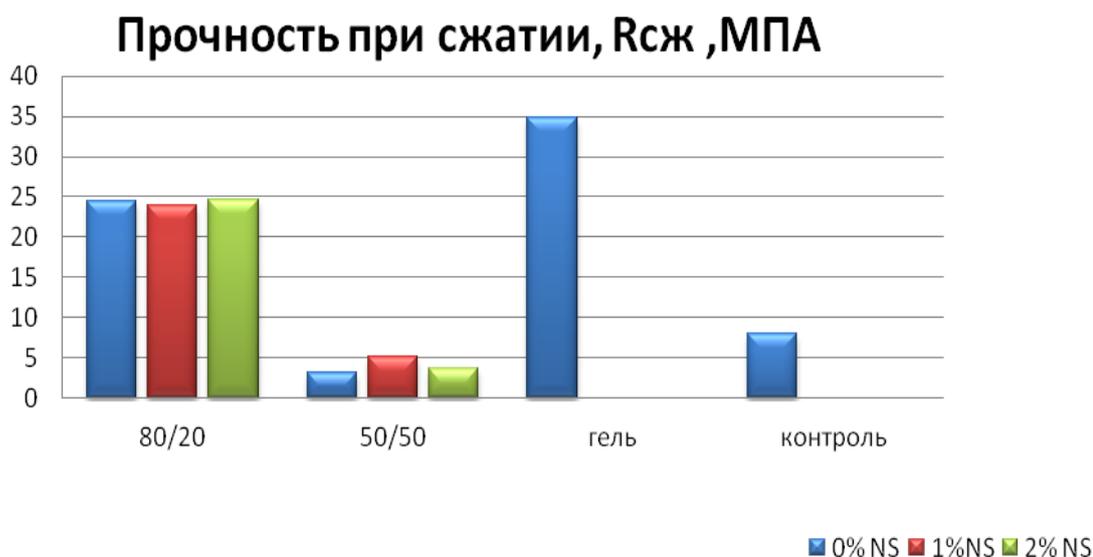


Рисунок 1 - Зависимость прочности при сжатии от фазового состава автоклавного камня

Из гистограммы, представленной на рисунке 1, с увеличением содержания извести прочность автоклавированного камня падает. Это объясняется тем, что в системе КУЗ + известь содержание известкового компонента в количестве 50% приводит к образованию высокоосновных гидросиликатов кальция $C_2SH(A)$ при длительном времени изотермы, которые, в свою очередь, имеют низкие прочностные характеристики и высокую пористость, что подтверждается высоким водопоглощением в сравнении с другими составами.

Состав КУЗ + известь (80/20 %) имеет высокую прочность 25 МПа, в связи с тем, что представлен преимущественно низкоосновными гидросиликатами кальция. Так же высокая прочность характеризуется большим содержанием гелевидной фазы, что подтверждается сопоставимыми прочностными характеристиками состава С-А-S-H – 34,9 МПа. Прочность камня из указанных смесей прямо пропорциональна содержанию гелевидной фазы С-А-S-H и обратно пропорциональна содержанию фазы $C_2SH(A)$ и тоберморита. Содержание в системах КУЗ + известь добавки Na_2SO_4 не оказывает большого влияния на прочность составов, после столь длительной изотермической выдержки.

Таким образом, сравнительные исследования свойств автоклавного камня разной основности (на примере прочности при сжатии, МПа) показывают, что важной фазой в таких материалах должна быть гелевидная фаза С-А-S-H. Тогда камень обладает высокой плотностью, прочностью и морозостойкостью. Присутствие кристаллических фаз, тоберморита и, особенно, α – гидрата C_2S , значительно ухудшает свойства камня.

Список литературы

1 Овчаренко Г.И. Фазовый состав и прочность силикатного камня из известково-зольных масс на основе кислой золы /Г.И. Овчаренко, Д. И. Гильмияров// Ползуновский вестник. Строительство – 2012, февраль - № 1

2 Овчаренко Г.И. Взаимосвязь прочности и фазового состава автоклавного известково-зольного камня повышенной основности /Г.И. Овчаренко, А.А. Михайленко// Ползуновский вестник. Строительство – 2014, февраль - № 1

ВЛИЯНИЕ ТОНКОСТИ ПОМОЛА ДОМЕННОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО ШЛАКА НА ПРОЧНОСТЬ СМЕШАННОГО ЦЕМЕНТА

Веселкова М.П., Бякин О.С. – студенты, Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В результате исследований на нашей кафедре была предложена новая классификация активных минеральных добавок (АМД). По этой классификации АМД могут быть как химически активные, связывающие известь (ХАМД), так и структурно-активные, не участвующие в химических реакциях гидратации, но обеспечивающие прирост прочности цемента за счет особенностей их тонкой (кристаллохимической) структуры (САМД). Доменный гранулированный шлак (ДГШ) обладает и тем и другим свойством, по этой классификации он относится к структурно химически активным минеральным добавкам (СХАМД).

В связи с этим, с целью увеличения действия ДГШ как структурно-активной минеральной добавки было предложено его тонкое и сверхтонкое измельчение.

В работе использовались два вида ДГШ: Западно-Сибирского металлургического комбината (ЗСМК) и Челябинского металлургического комбината (ЧМК) с химическим составом, коэффициентом качества и активности, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав доменных шлаков

| Шлак | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | MnO | FeO | S | TiO ₂ | Сумма | Ка | К |
|------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------------------|--------|------|------|
| ЗСМК | 37,7 | 15,8 | 34,6 | 10,9 | 0,82 | 0,50 | 0,52 | - | 100,82 | 0,42 | 1,56 |
| ЧМК | 40,3 | 10,1 | 37,2 | 10,3 | 0,82 | 0,28 | 0,67 | - | 99,6 | 0,25 | 1,41 |

Шлаки размалывались до низких и средних удельных поверхностей в шаровой мельнице и до высоких (более 4800 см²/гр.) в планетарных мельницах АГО-2 и АГО-3. Характеристики помола приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики помола ДГШ

| ЗСМК | | ЧМК | |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| Суд, см ² /гр | Остаток на сите 008, % | Суд, см ² /гр | Остаток на сите 008, % |
| 1800 | 3,74 | 4800 | - |
| 2600 | 0,26 | 5300 | - |
| 4500 | 0,1 | 6800 | - |
| 7900 | - | - | - |

Помолотый доменный гранулированный шлак в количестве 10, 20, 30, 40, 50 % добавлялся к цементу, готовилось тесто нормальной густоты из которого формовалось в кубики размером 20*20*20мм. Заформованные образцы твердели в НУ в течении 28 суток. Испытания на прочность проводились на 7, 28 сутки. Так же проводилась тепловлажностная обработка (ТВО) образцов в режиме 3-6-3 при 60° С. За контроль принимался портландцемент ПЦ500 Д0 и ПЦ400 Д20.

По полученным данным были построены математические модели зависимости прочности цементов от двух факторов: удельная поверхность ДГШ и количество его добавки. Типичная зависимость приведена на рисунке 1.

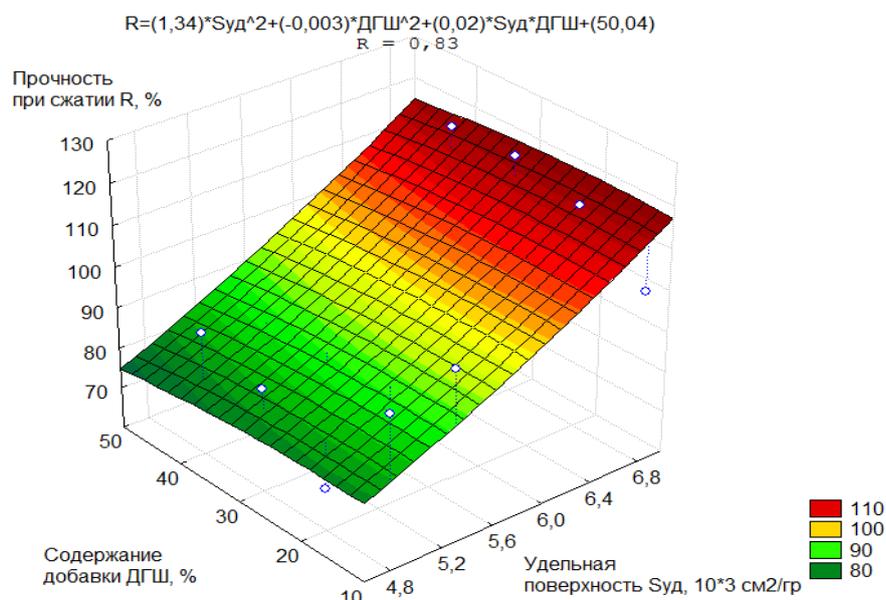


Рисунок 1- Зависимость прочности смешанного цемента из ПЦ 400 Д20 и молотого шлака ЧМК от удельной поверхности шлака и его содержания.

Из рисунка 1 видно, что прочность смешанных цементов прямо пропорциональна тонкости измельчения шлака. При этом для достижения прочности в 100% от исходного ПЦ требуется измельчить шлак примерно до 6 000 см²/г.

Как видно из рисунка 2, что и для шлака ЗСМК с ПЦ 500 наблюдаются аналогичные зависимости. Следует отметить, что грубо молотый шлак до S_{уд} менее 4500 – 5000 см²/г не позволяет увеличить его дозировку более 30-40%. После измельчения шлака до S_{уд} более 5000 см²/г зависимости повторяют аналогичные модели для шлака ЧМК.

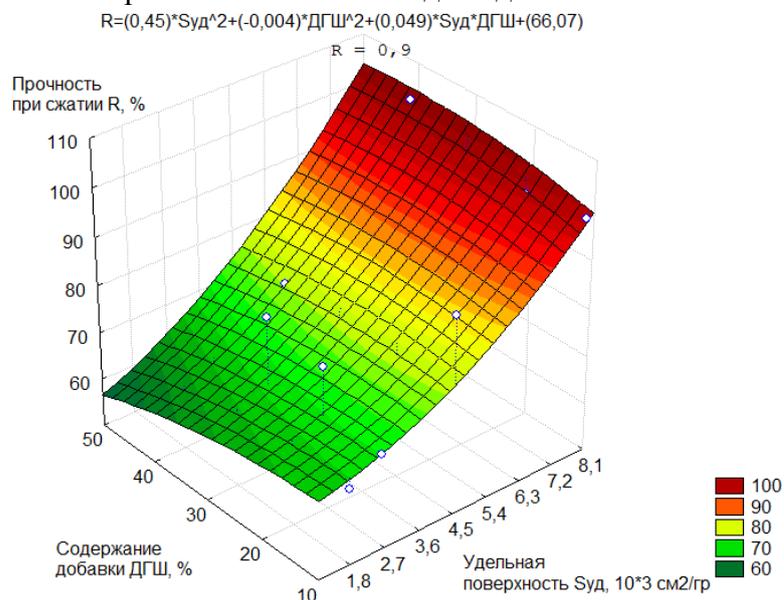


Рисунок 1- Зависимость прочности смешанного цемента из ПЦ 500 Д0 и молотого шлака ЗМСК от удельной поверхности шлака и его содержания.

Результаты испытаний показывают, что при помоле шлака до S_{уд} = 4500 см²/г который предлагается потребителям на рынке, не позволяет получить требуемую прочность смешанных цементов.

Для обеспечения требуемых S_{уд} около 6000 см²/г и выше, необходимы новые типы измельчаемого оборудования: валковые мельницы с пневмоклассификаторами, планетарные мельницы непрерывного действия.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В БЕТОН

Баканов В.С., Кондюрин И.О. - студенты, Хижинкова Е.Ю. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время производство ЖБИ немислимо без пластифицирующих добавок. Наиболее распространенным пластификатором в России является С-3 и его модификации. Учитывая современные тенденции импортозамещения в стране, этот пластификатор останется основным в ближайшее время.

Целью настоящей работы является сравнительное исследование суперпластификатора С-3 различных производителей, а так же модифицированных пластификаторов на базе С-3.

В качестве сырьевых материалов использовались цемент Искитимского завода ПЦ400Д20, обской песок с модулем крупности 1,2; щебень Шульгинского месторождения Алтайского края фракции 5-20мм и пластифицирующие добавки СП3-М(БОЗ), СП-1 (ООО «Полипласт»), С-3 (Китай) и модификации С-3 на основе ацетонформальдегида и добавлением изопропилового спирта и полиэтиленгликоля. Добавки вводились в минимальной, средней и максимальной дозировках, рекомендуемых производителем.

Эффективность действия водоредуцирования оценивали по уменьшению водопотребности смеси основных составов с добавками по сравнению с контрольным при изготовлении бетонных смесей с одинаковой подвижностью П1 (ОК 2-4 см) и П4 (ОК 17-18 см).

В результате исследований установлено, что лучшие результаты в бетонных смесях с подвижностью П-1 показали хорошо известные и распространенные на рынке добавки С-3 (Китай) и СП-1 (Полипласт) - 10-13% (рисунок 1). Немного им уступают экспериментальные добавки №№ 2 и 5 на основе ацетонформальдегида – 6 - 10 %. Хотя при максимальной дозировке образец №5 показал аналогичные результаты с С-3 и СП-1 – 13 %. Остальные добавки значительно уступают.

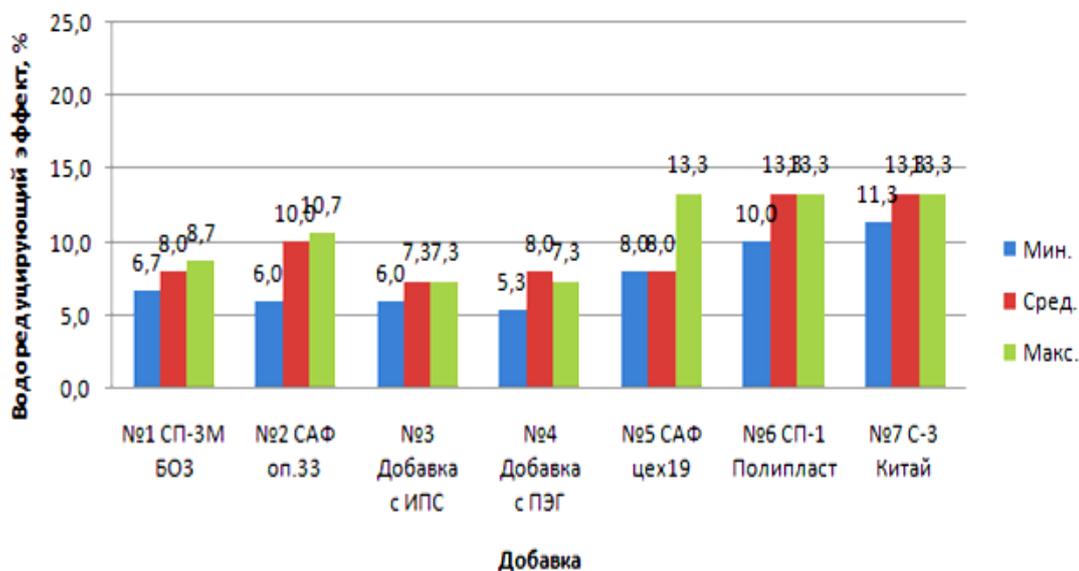


Рисунок 1 - Водоредуцирующий эффект модифицирующих добавок в бетонной смеси с подвижностью П-1

Водоредуцирующий эффект в бетонных смесях с подвижностью П-4 значительно выше (рисунок 2). Распространенные на рынке добавки так же показали лучшие результаты (при максимальной дозировке 25 %). Добавки с ацетонформальдом №№2 и 5 немного уступают (при максимальной дозировке 17-19 %).

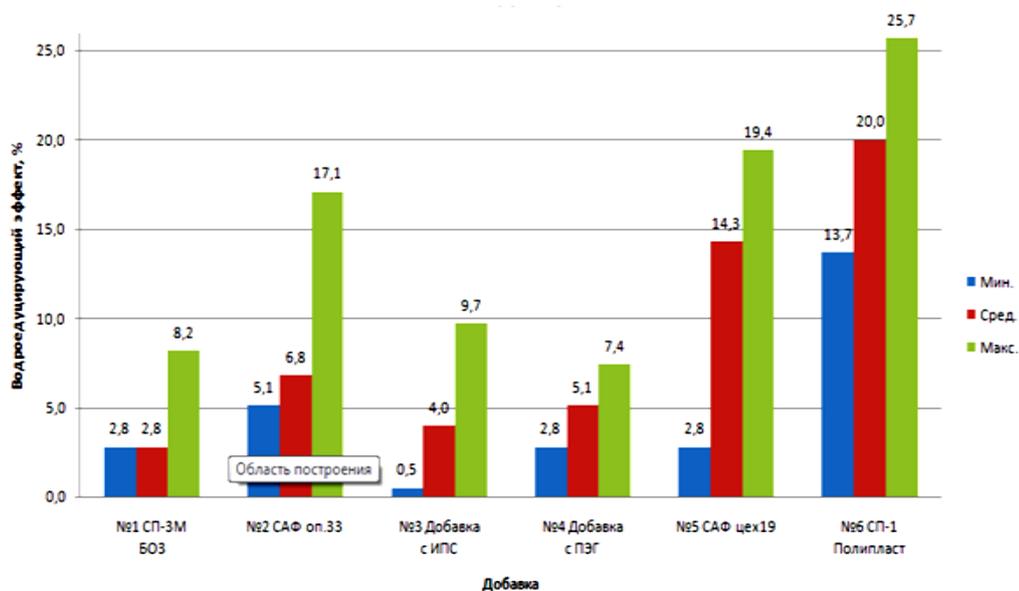


Рисунок 2 - Водоредуцирующий эффект модифицирующих добавок в бетонной смеси с подвижностью П-4

Эффективность действия пластифицирования добавок оценивали по увеличению подвижности смеси и по прочности бетона или раствора при одинаковой подвижности контрольного и основных составов, равной П1 (рисунок 3).

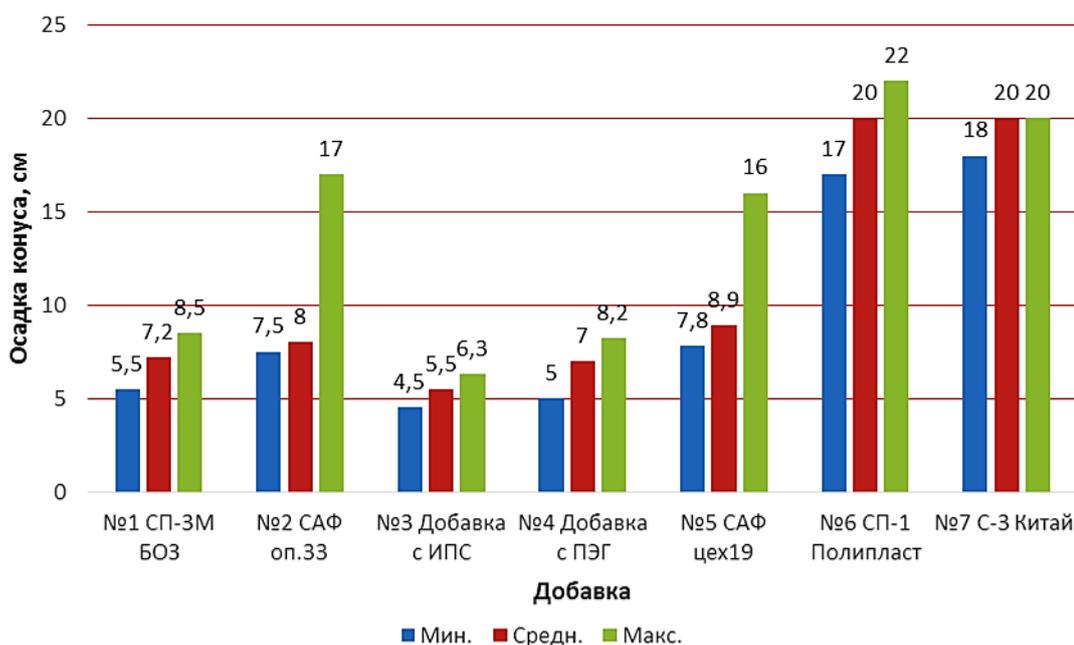


Рисунок 3 – Пластифицирующее действие добавок в бетонной смеси

Максимальный пластифицирующий эффект имеют добавки № 6 и 7. Введении в контрольный состав минимальной дозировки уже позволяет получить подвижность П4. Такую же подвижность можно получить в составах с максимальным содержанием добавок №№ 2 и 5. В остальных случаях получалась подвижность П-2.

В связи с тем, подвижные смеси должны сохранять свою марку по удобоукладываемости в течение определенного времени, необходимого для обеспечения технологического процесса бетонирования (транспортировка смеси, формование, вибрирование), далее была произведена оценка сохраняемости подвижности бетонных смесей основных составов. Подвижность составов с добавками №№ 6 и 7, оказывающих наибольший пластифицирующий и водоредуцирующий эффект, через 30 минут резко

снизилась с 20 см до 8 – 9 см, а еще через 30 минут – пластифицирующий эффект добавок исчез, т.е бетонная смесь приобрела марку по удобоукладываемости П1 (ОК = 4 см). Наилучшими добавками, не значительно влияющей на потерю подвижности является добавки № 2 и №5. Через 30 минут подвижность бетонной смеси с максимальным содержанием этой добавки изменилась с П4 до П3 (осадка конуса 13 см), а через час – до П2 (ОК=9 см).

Введение в состав бетонной смеси пластификаторов оказывает влияние не только на изменение удобоукладываемости, но и на прочность готового бетона. Поэтому на конечном этапе исследований определялась прочность бетона в возрасте 1, 3, 7, 28 суток нормального твердения, а также после тепловлажностной обработки (ТВО) и ТВО + 28 суток.

На ранних сроках твердения увеличение содержания пластифицирующей добавки в бетоне приводит к некоторому снижению его прочности, что может объясняться влиянием повышенного количества добавки на замедление гидратации и схватывания цементного камня. При этом конечная прочность бетона с увеличением вводимой добавки повышается благодаря снижению водоцементного отношения и как следствие, уменьшению пористости камня. Данные зависимости характерны для всех исследуемых добавок.

Введение добавок в максимальном количестве позволяет повысить конечную прочность бетона на 12 – 18 %. Наиболее эффективными являются добавки №№ 1, 5, 6 и 7. Они позволяют повысить класс бетона по прочности с В20 до В22,5. Также повышают прочность в 28 суточном возрасте добавки №№ 2 и 4. Однако на ранней стадии твердения некоторые добавки несколько понижают прочность относительно контроля.

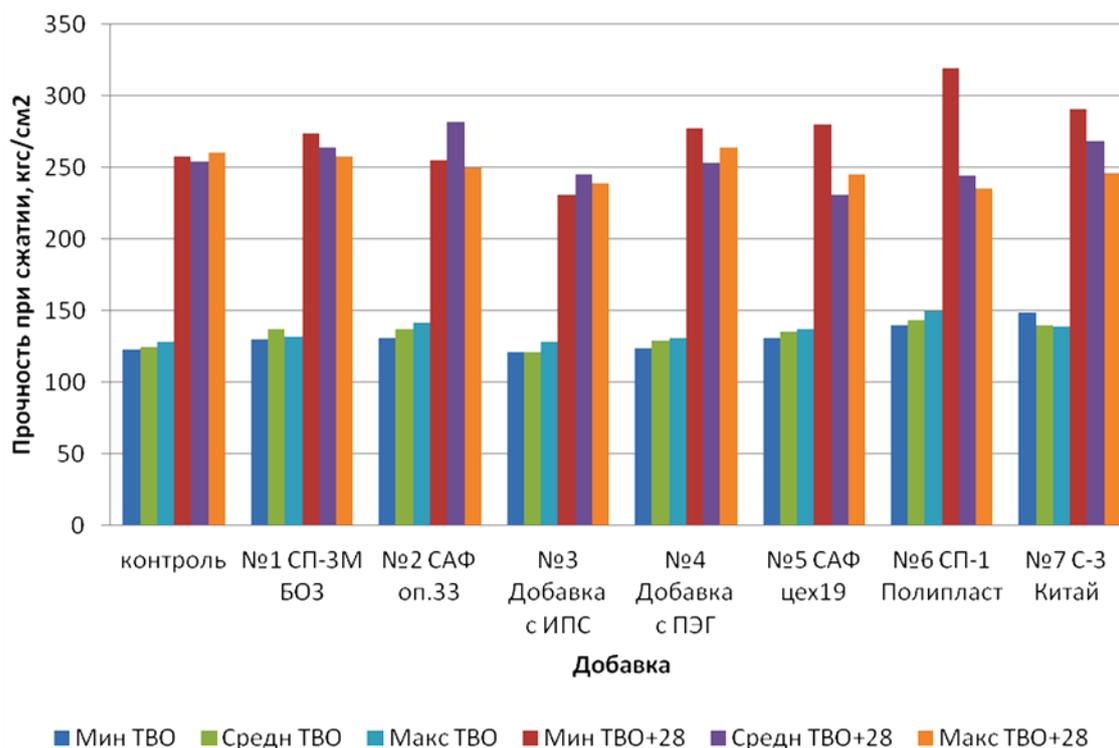


Рисунок 4 – Прочность бетонов с пластифицирующими добавками после ТВО и ТВО + 28 суток нормального твердения (подвижность П-1)

Увеличение содержания большинства добавок благоприятно сказывается на прочности бетона сразу после пропаривания (рисунок 4). По сравнению с контролем максимальный прирост прочности после ТВО позволяют получить добавки № 6 и 7 (13 и 20 % от прочности контроля соответственно), а также №№ 1, 2 и 5 (5-8%).

ВЛИЯНИЕ АКТИВНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТЬ ЗОЛО-ПУЦЦОЛАНОВОГО АВТОКЛАВНОГО МАТЕРИАЛА.

Горшкова М.С., Шакин Д.А. – студенты, Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор,
Бортникова О.В. - ассистент

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

В настоящее время снова становится актуальной проблема полной переработки зол и золо-шлаковых отходов ТЭЦ в связи с тем, что энергогенерирующие компании не могут бесконечно повышать тарифы на тепловую и электрическую энергию, а переработка ЗШО в полезный продукт улучшает экономику работы ТЭЦ. Наиболее выгодно перерабатывать высококальциевые отходы ТЭЦ в автоклавные материалы, так как тогда не требуется применять товарную известь или другие вяжущие. Однако такой способ производства материала требует предварительного гашения свободной извести в золе, что значительно усложняет технологию. Поэтому в настоящей работе нами исследованы различные активные минеральные добавки с целью производства материала без предварительного гашения высококальциевой золы.

В работе использовались 4 пробы высококальциевой золы (ВКЗ) ТЭЦ-3 г. Барнаула, полученные от сжигания бурого угля Канско-Ачинского месторождения с содержанием свободной извести 2,86-7,318 %. В качестве активной минеральной добавки были применены: микрокремнезем (МК) Новокузнецкого завода ферросплавов, высокоактивный метакраун производства компании «Синерго» (г. Магнитогорск), цеолитовый туф Лютогского месторождения (о.Сахалин), опока Балашейского месторождения (Самарской области), каменноугольная зола (КУЗ) Новосибирской ТЭЦ - 5 от сжигания газового угля Кузбасса. В качестве добавки - активизатора применяли 1 - 3 % NaCl. ВКЗ предварительно размалывалась при трех энергиях помола (Е) 50, 100, 150 % от стандартного помола клинкера на цемент. Образцы-цилиндры размером 50x50 мм прессовали под удельным давлением 20 МПа и запаривали при 1,0 МПа в течении 8 часов.

Как уже было выяснено ранее [1], главной проблемой при использовании высококальциевых зол в качестве вяжущего считается устранение деструктивных явлений за счет позднего гашения пережженного свободного CaO. Деструктивные явления зависят от синхронизации процессов гидратации свободного CaO и отвердевания вяжущей композиции, а также от скорости этих процессов. В нашем случае при запарке в автоклаве избежать деструктивных процессов в плотном камне без специальных мероприятий не удастся. Поэтому мы используем добавку-активизатор NaCl для ускорения процесса гидратации свободной извести золы. Свободная известь золы превращается в CaCl₂, который в дальнейших реакциях гидратации взаимодействует с алюминатной и алюмоферритной фазами. При этом будет ускоряться гидратация CaO_{св} золы, и высвободиться щёлочь NaOH:

$NaCl + CaO_{отк} + xCaO_yAl_2O_3 + H_2O \rightarrow C_3A CaCl_2 \cdot 12H_2O + NaOH$, которая является активизатором автоклавных процессов, способствует повышению прочности камня. Помол золы с целью вскрытия частиц свободного CaO и их измельчения, изготовление изделий ячеистой структуры способствуют снижению деструктивных явления. Для эксперимента было выбрано 7 составов. Наиболее эффективным оказался помол высококальциевой золы при 100 % (рисунок 1).

При этой энергии помола составы показали хорошую и стабильную прочность. Также мы видим влияние на составы добавки-активизатора. Оптимальным является введение 2 - 3 % NaCl. Дальнейший эксперимент мы проводили только при 100 % помоле высококальциевой золы.

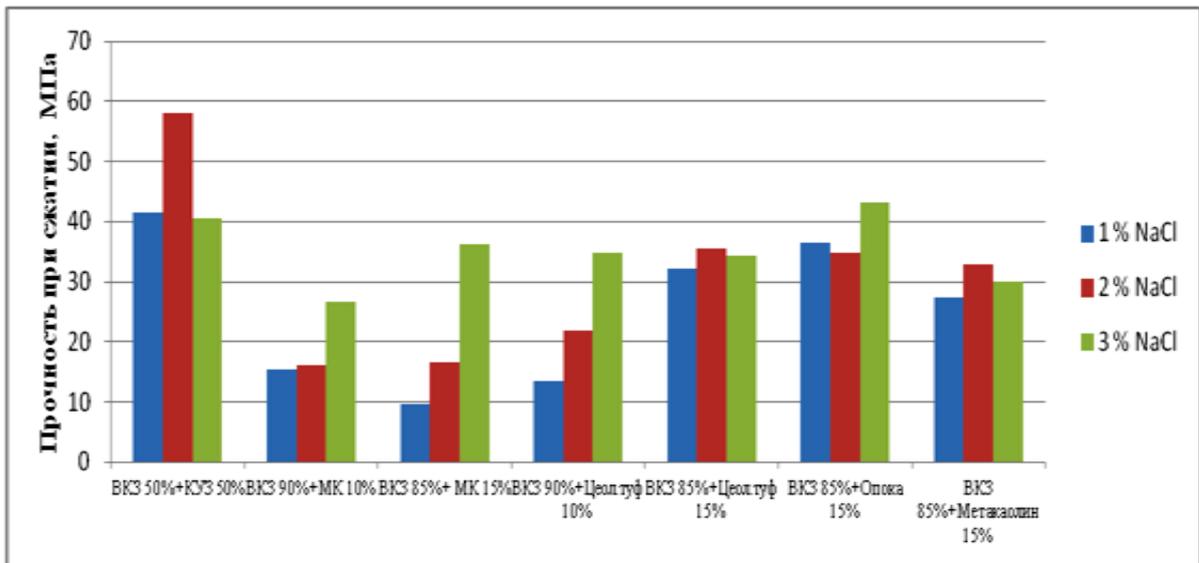


Рисунок 1- Зависимость прочности от процентного содержания NaCl в составах с различными минеральными добавками при энергии помола 100%

Из рисунка 2 мы видим резкое падение прочности с возрастанием количества CaOзак. Падение прочности произошло из-за деструкции камня, вызванное отсутствием синхронизации процессов структурообразования и гидратации CaO.

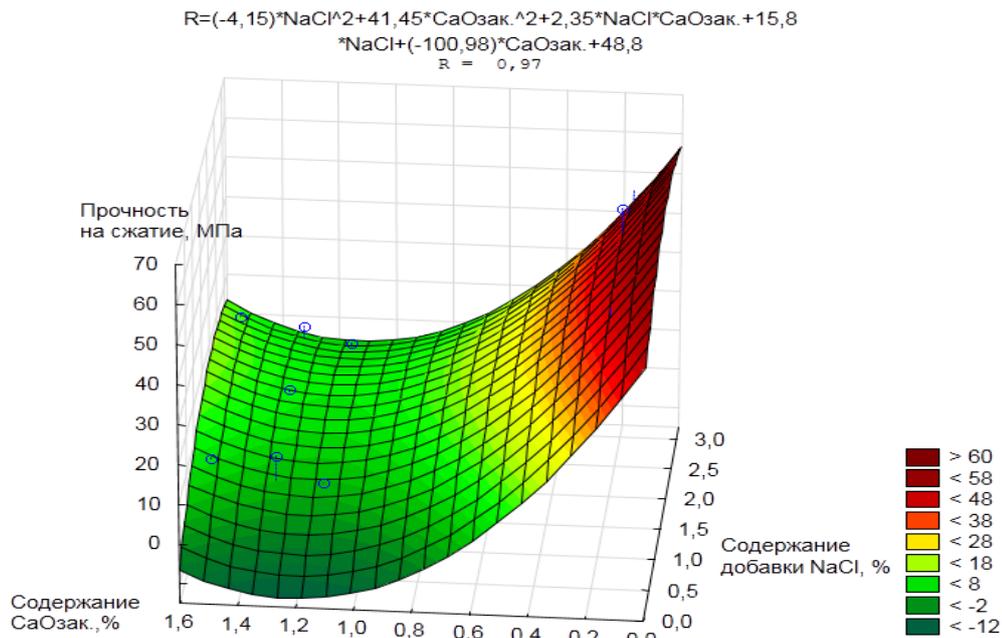


Рисунок 2-Зависимость набора прочности золо - пуццоланового автоклавного камня от процентного содержания NaCl и CaOзак., 100 % энергии помола. ВКЗ 50 % +КУЗ 50 %, без силосования

Свободный CaO в золах закрыт алюмосиликатным стеклом, а на поверхности обнаженных кристаллов всегда присутствуют 6-9% SiO₂, 5-6% Al₂O₃ и другие оксиды. Это говорит о том, что продукты гидратации, перекрывающие CaO, наиболее вероятно будут представлены этtringитоподобными и другими фазами «замедляющего слоя». Значит, при гидратации зол происходит бурное образование гидросульфoалюсинатных фаз, обеспечивающих быстрое схватывание и набор ранней прочности зольных систем и параллельное замедление гидратации CaO.

Эффективны добавки, содержащие как активный кремнезем, так и глинозем, это мы можем наблюдать на примере активной минеральной добавки – Метакаолина (рис. 3). Эти добавки способствуют изменению условий синтеза этtringитоподобных фаз и переводят формирование фаз на собственную поверхность.

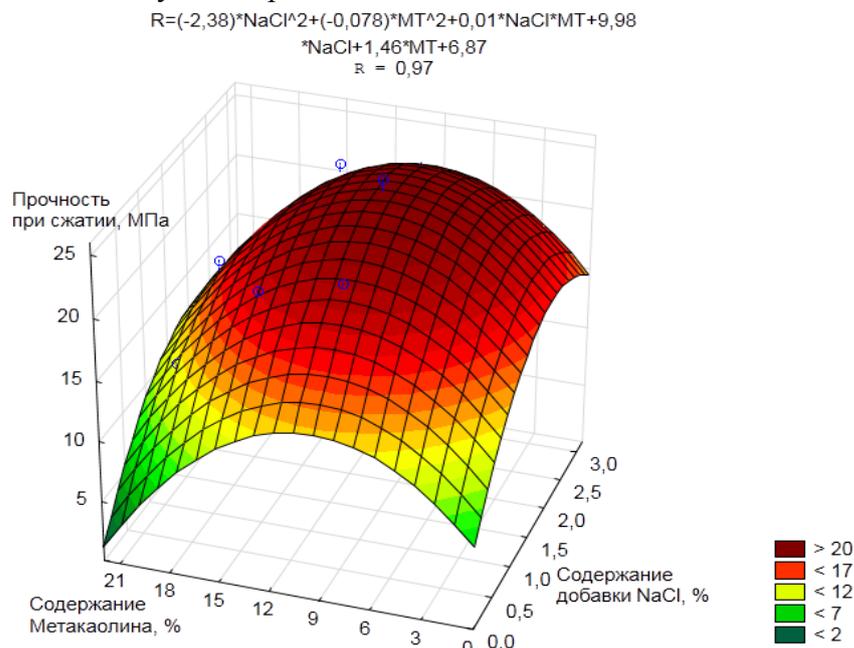


Рисунок 3 - Зависимость набора прочности золо - пуццоланового автоклавного камня от процентного содержания NaCl и активно-минеральной добавки - Метакаолина. (предварительное силосование смеси)

Для полного избавления от деструктивного явления в камне мы предварительно силосовали смесь, что значительно повлияло на прочность образцов (рис. 3).

Предварительное силосование позволяет получить заводскую прочность камня без применения сложного процесса предварительного гашения высококальциевой золы.

Список литературы:

1. Овчаренко, Г. И. Золоы углей КАТЭКа в строительных материалах. Изд-во Красноярского ун-та, 1991. – 180 с

БЕЗУСАДОЧНЫЙ ПЛИТОЧНЫЙ КЛЕЙ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВОЙ ЗОЛЫ ТЭЦ-3

Панюшов С.Н., Попов В.О. – студенты, Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В процессе использования плиточного клея в строительстве было замечено, что клей дает усадку, а это приводит к деформации и растрескиванию плитки. Поэтому появилась потребность в исследовании составов, обладающих минимальной усадкой. Для достижения таких качеств была использована ВКЗ в виде замены части ПЦ и песка в составе.

В работе были использованы следующие сырьевые материалы: песок поймы реки Обь, цемент М400 Д20 Искитимского цементного завода, высококальциевая зола ТЭЦ-3 г. Барнаула, редиспергируемый полимер «Dairen DA 1130», эфир целлюлозы «Wekselo MP 150».

Для проведения эксперимента был разработан состав плиточного клея, соответствующий требованиям ГОСТ 31357-2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия». Состав содержит в вяжущем эфир целлюлозы «Wekselo MP 150» и редиспергируемый полимер марки «Dairen DA 1130». Количество воды (водотвердое отношение (ВТ)) подбиралось до достижения плиточного клея марки подвижности Пк3 по ГОСТ 5802-86 «Растворы строительные. Методы испытаний».

Получившийся состав был испытан на адгезию, устойчивость к сползанию, усадочную деформацию и прочность при сжатии.

Для нахождения безусадочного состава было испытано три вида состава с ВКЗ:

- Часть цемента была заменена на ВКЗ в различной пропорции;
- Часть песка была заменена на ВКЗ в различной пропорции;
- Часть смеси цемента и песка была заменена на ВКЗ в различной пропорции.

Как видно из ниже приведенных графиков (рисунки 1 - 3), с увеличением содержания ВКЗ в составе сухих строительных смесей, их деформации возрастают. Это происходит за счет гидратации “пережженных” CaO и MgO, входящих в состав ВКЗ, и образования этtringита и этtringитоподобных фаз.

Зависимость деформации цементного камня от содержания CaO св.при замене ПЦ на ВКЗ (28 сутки).

$$z=(,661e-4)*x^2+(-,06158)*y^2+(-,06872)*x/y+(,019931)*x+(,575071)*y+(-1,4077)$$

R=0,98

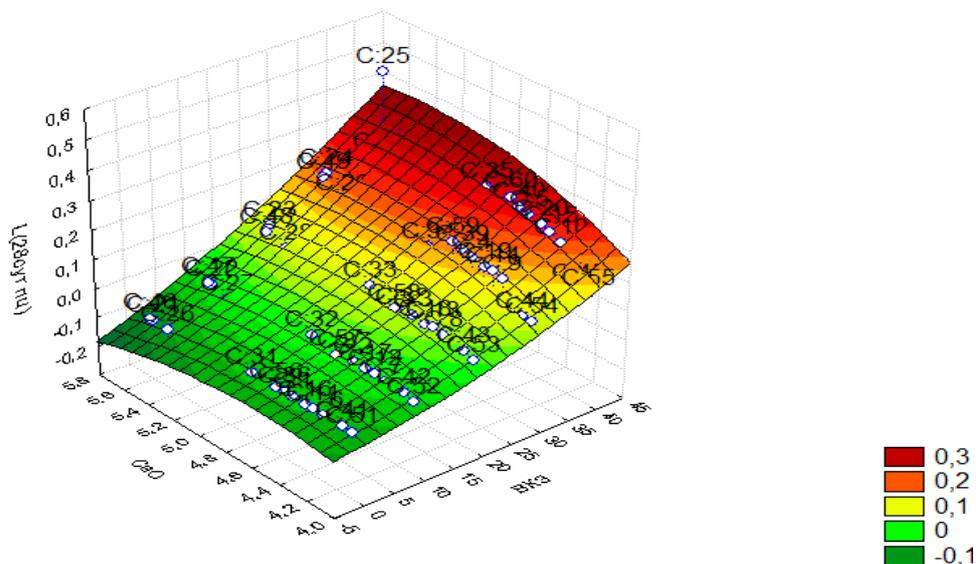


Рисунок 1 - Зависимость деформации цементного камня от содержания свободного оксида кальция при замене части ПЦ на ВКЗ (28 сут)

Зависимость деформации цементного камня от содержания CaO св.при замене песка на ВКЗ (28 сутки).

$$z=(,235e-3)*x^2+(,004092)*y^2+(-,13689)*x/y+(,031218)*x+(-,08134)*y+(,219155)$$

R=0,95

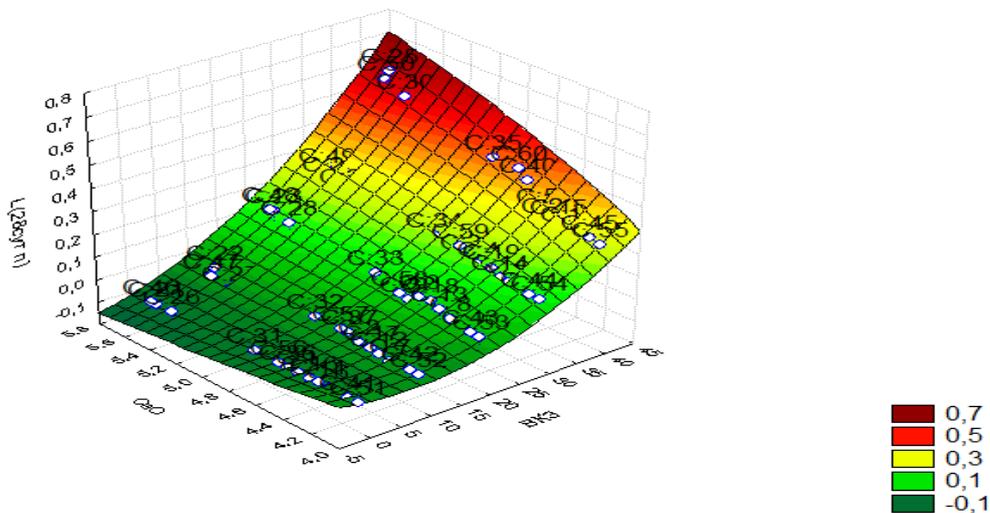


Рисунок 2 - Зависимость деформации цементного камня от содержания свободного оксида кальция при замене части песка на ВКЗ (28 сут)

Было проведено исследование влияния количества содержания ВКЗ на изменение прочности ССС. Было взято несколько проб золы с разным содержанием СаО. Определения прочностей на отрыв, сжатие, изгиб проводились на образцах-балочках из сухой строительной смеси для плиточного клея на 28 сутки после затвердевания.

Зависимость деформации цементного камня от смеси на ВКЗ (28 сутки) содержания СаО св.при замене

$$z = (,102e-3)*x^2 + (-,03024)*y^2 + (-,11621)*x/y + (,03444)*x + (,257883)*y + (-,63374)$$

R=0,97

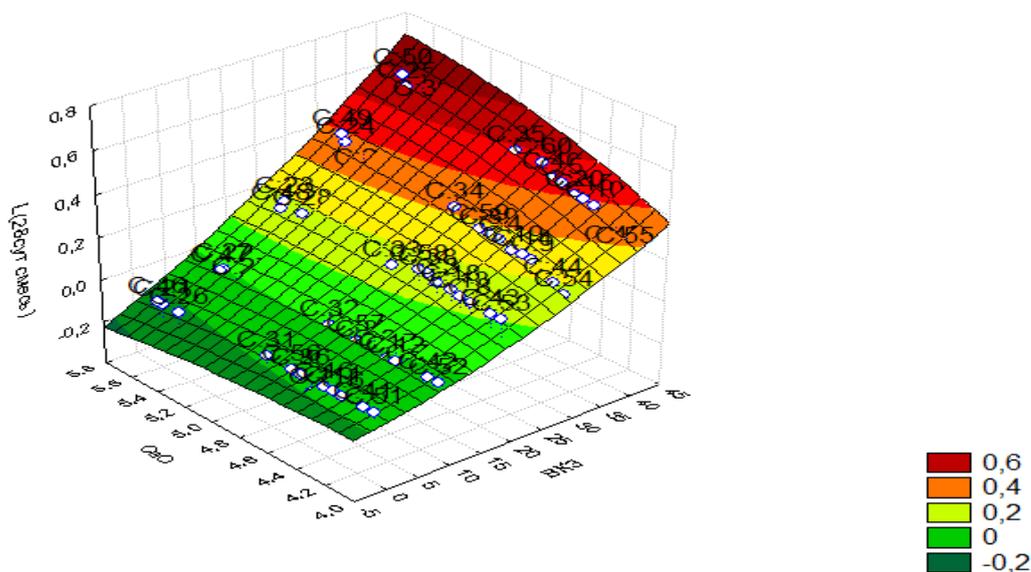


Рисунок 3 - Зависимость деформации цементного камня от содержания свободного оксида кальция при замене части смеси ПЦ и песка на ВКЗ (28 сут)

Как видно из ниже приведенных графиков (рисунки 4 - 9), с увеличением содержания ВКЗ (замена части ПЦ) в составе сухих строительных смесей, их прочность снижается. У растворов с заменой части песка и части смеси на ВКЗ прочность возрастает, но при большой замене - снижается.

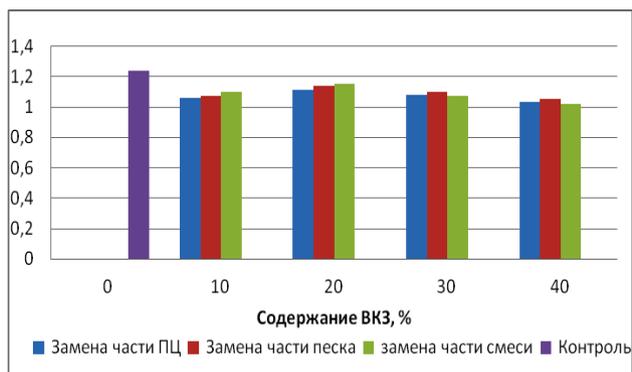


Рисунок 4 - Зависимость прочности на отрыв от содержания ВКЗ (СаО=4,08)

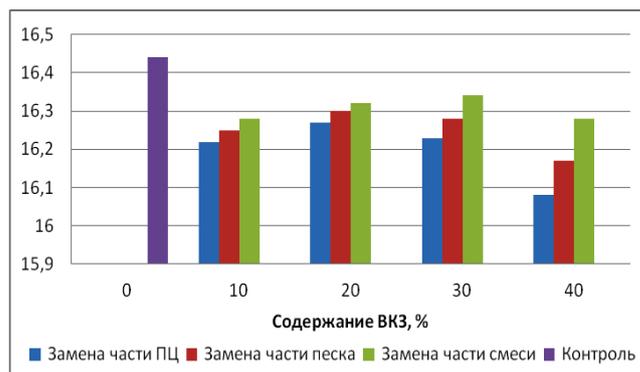


Рисунок 5 - Зависимость прочности на сжатие от содержания ВКЗ (СаО=4,08)

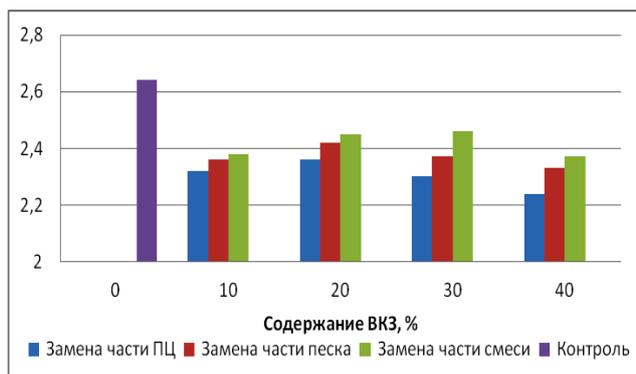


Рисунок 6 - Зависимость прочности на изгиб от содержания ВКЗ (СаО=4,08)

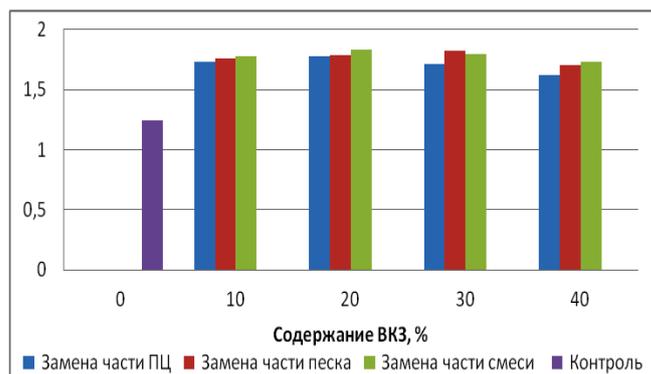


Рисунок 7 - Зависимость прочности на изгиб от содержания ВКЗ (СаО=5,82)

Образцы, в составе которых зола с минимальным содержанием СаО (4,08), показали прочность значительно малую по сравнению с контрольным образцом, а образцы, в составе которых зола с максимальным содержанием СаО (5,82), наоборот - прочность выше контрольной.

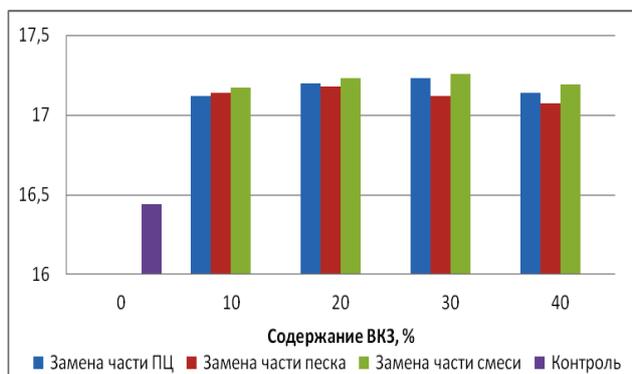


Рисунок 8 - Зависимость прочности на сжатие от содержания ВКЗ (СаО=5,82)

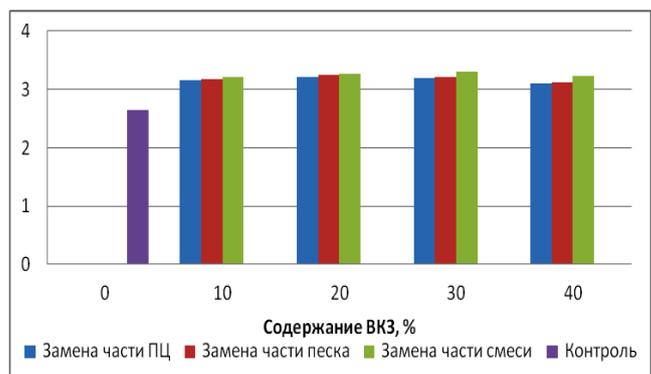


Рисунок 9 - Зависимость прочности на изгиб от содержания ВКЗ (СаО=5,82)

Таким образом, в результате эксперимента было выявлено, что необходимой усадкой обладает состав, где происходила замена части смеси цемента и песка на 30% ВКЗ. Этот состав является наиболее оптимальным.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ.

Юлдашев А.Б., Ходжамырадов Г.И. –студенты, Козлова В.К. – д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Введением в действие ГОСТа 31108-2003 в производстве цемента разрешено использование до трех минеральных добавок различного состава и происхождения. При общем содержании минеральных добавок до 20% могут быть получены композиционные портландцементы типа Цем II 32,5.

При введении большого количества минеральных добавок возможно изготовление малоклинкерных цементов типа Цем V. Для цементов этого типа рекомендуется введение 11-30% доменного гранулированного шлака и 11-30% пуццоланической добавки золы-уноса. Доменный гранулированный шлак (ДГШ), является широко используемой, но дорогостоящей минеральной добавкой. Спектр минеральных добавок, может быть

значительно расширен за счет использования различных видов промышленных отходов, отходов от сжигания на тепловых электростанциях твердого топлива различного состава, карбонатных пород некондиционного состава, отходов химической промышленности и другие. За счет использования альтер-нативных видов сырья и побочных продуктов промышленности возможно расширение номенклатуры вяжущих веществ. Но, к настоящему времени слабо изучено совместное влияние нескольких одновременно вводимых добавок на свойства получаемых портландцементов.

Задачей выполненной работы являлось изучение влияния комплексных добавок различного состава на свойства портландцементов и определение возможности замены ДГШ другими добавками. В качестве компонентов комплексных добавок при получении композиционного цемента Цем II 32,5 использовался: ДГШ (г. Новокузнецк), высококальциевая зола (ВКЗ), от сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна, известняк Искитимского месторождения, доломит Таензинского месторождения, портландцементы изготавливались на основе клинкера цементного завода ОАО «Цемент».

Таблица 1 - Состав и прочность композиционных портландцементов.

| № пп | Состав портландцемента, % | Предел прочности при сжатии, МПа | | | | | |
|---------|---|----------------------------------|-------|--------|--------|----------------------|--------|
| | | Нормальные условия твердения | | | | Пропаривание | |
| | | 2 сут | 7 сут | 14 сут | 28 сут | 8 часов прит=80°C | 28 сут |
| 1 | Клинкер + 20% ДГШ + 5% гипс (контрольный) | 26,6 | 41,9 | 71,4 | 86,5 | 51,8 | 71,2 |
| 2 | Клинкер + 10% ДГШ + 10% ВКЗ + 5% гипс | 24,5 | 52,2 | 72,5 | 81,3 | 43,5 | 59,2 |
| 3 | Клинкер + 10% ДГШ + 10% известняк + 5% гипс | 16,5 | 58,1 | 62,1 | 75,6 | 38,9 | 73,4 |
| 4 | Клинкер + 10% ДГШ + 10% доломит + 5% гипс | 19,8 | 59,4 | 76,4 | 92,5 | 33,4 | 93,6 |
| 5 | Клинкер + 10% известняк + 10% ВКЗ + 5% гипс | 25,2 | 50,5 | 54,2 | 66,1 | 38,9 | 73,4 |
| 6 | Клинкер + 10% доломит + 10% ВКЗ + 5% гипс | 29,3 | 47,7 | 68,8 | 86,2 | 34,5 | 94,3 |

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что половину доменного гранулированного шлака наиболее эффективно заменять добавкой доломита, полностью доменный шлак может быть заменен комплексной добавкой состоящей из ВКЗ и доломита в соотношении 1:1. При использовании карбонат содержащих добавок наблюдается значительное снижение прочности цементного камня сразу после пропаривания, в течение следующих 27 суток происходит значительное её возрастание.

ЗАМЕДЛИТЕЛИ СХВАТЫВАНИЯ КОМПОЗИЦИИ ЗОЛА-ЦЕМЕНТ

Кириченко Е.И., Логинова А.К. – студенты, Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Замедлители схватывания бетонных смесей применяются в строительстве при монолитном бетонировании. Это связано с необходимостью транспортирования бетонной смеси на значительные расстояния и сохранения технологических свойств смесей в случае возникновения в производстве бетонных работ технологических перерывов. Другой проблемой, связанной с замедлением структурообразования бетонных смесей, является применение цементно-зольных композиций на основе высококальциевой золы. В связи с

этим актуальной является задача исследования добавок-замедлителей схватывания и твердения, которые бы не ухудшали свойства бетона. Наибольший интерес вызывают самые известные добавки-замедлители – гипс и винная кислота.

Целью данного эксперимента являлось исследование влияния замедлителей схватывания (гипса и винной кислоты) на композицию цемент-зола.

В качестве сырьевых материалов использовались: ПЦ500(Д0) – ОАО «ИскитимЦемент»; ПЦ400(Д20) – ОАО «Цемент» ст. Голуха; высококальциевая зола (ВКЗ); винная кислота; полуводный гипс (Г-5).

Исследование заключалось во введении добавок-замедлителей в состав смеси цемента и ВКЗ с различными дозировками.

Исходные составы представлены в таблице 1.

Опытные образцы формовались из теста нормальной плотности в кубиках 20×20×20. Последующий набор прочности образцов происходил в камере ТВО и при нормальных условиях в возрасте 1, 3, 7 и 28 суток.

Таблица 1 - Исходные составы

| Цемент, % | | ВКЗ, % | Винная кислота, % | Гипс, % |
|-----------|---------|--------|-------------------|---------|
| Голуха | Искитим | | | |
| 70 | 70 | 30 | 0,5 | 2,5 |
| 60 | 60 | 40 | 1 | 5 |
| 50 | 50 | 50 | 1,5 | 7,5 |

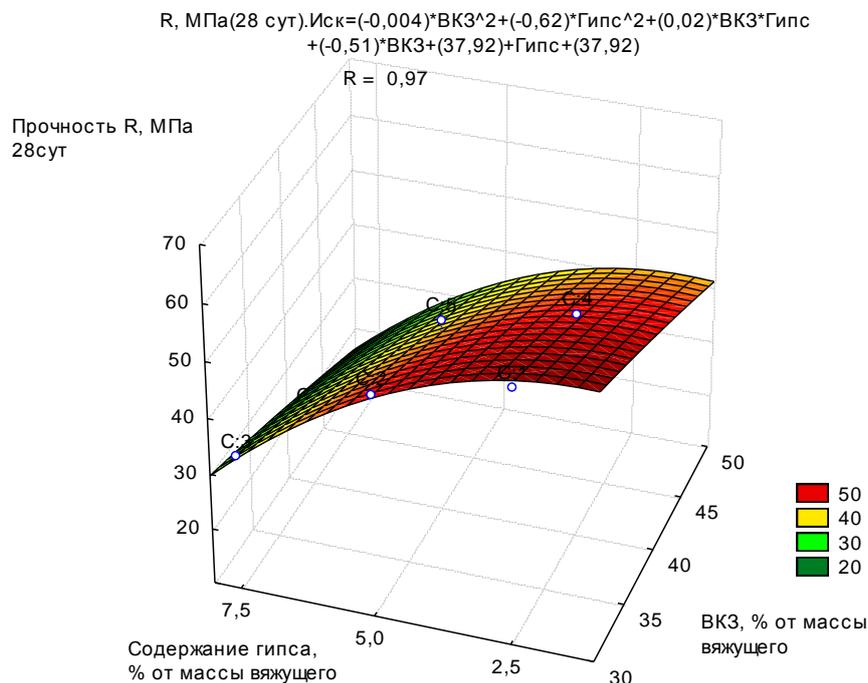


Рисунок 1 - Прочность цемента с ВКЗ и гипса при твердении в нормальных условиях в возрасте 28 суток.

По рисунку 1 видно, что прочность бетона с ВКЗ при твердении в нормальных условиях достигает максимальных значений при наименьшей дозировке гипса. Снижение прочности происходит при повышении его дозировки. При средних значениях расхода гипса прочность образцов на 15% ниже максимально достигнутых результатов.

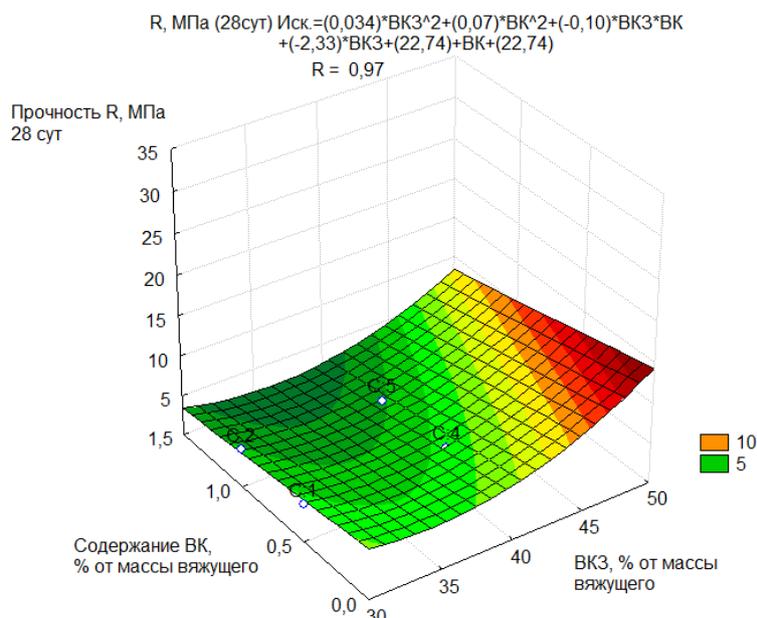


Рисунок 2 - Прочность цемента с ВКЗ и винной кислоты при твердении в нормальных условиях в возрасте 28 суток.

Зависимость прочности четко прослеживается при средних значениях дозировки винной кислоты (рисунок 2). При этом изменение прочности при изменении расхода ВКЗ происходит примерно на 10-15%. Максимальное значение прочности достигается при максимальном расходе ВКЗ и минимальном значении дозировки винной кислоты.

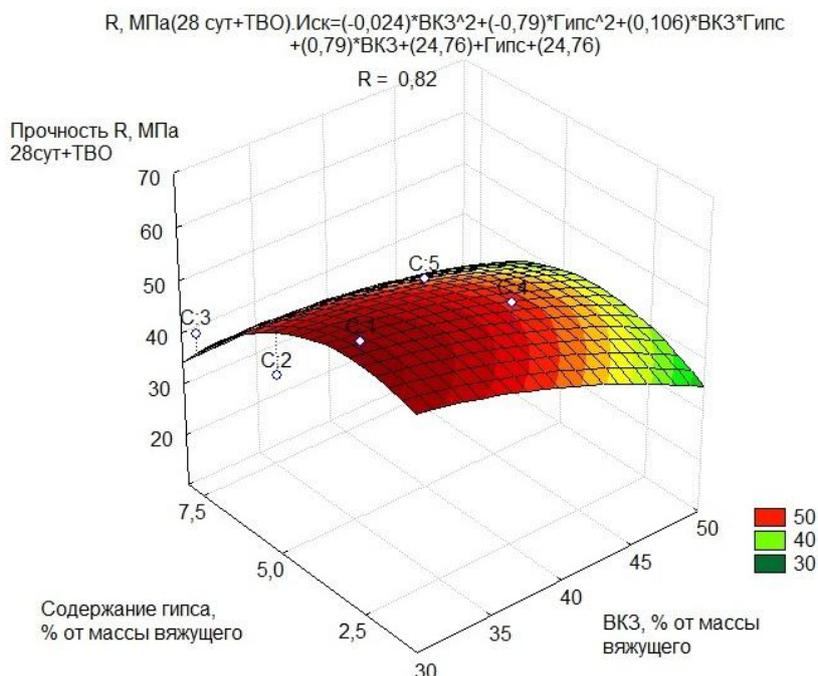


Рисунок 3 - Прочность цемента с ВКЗ и гипсом при твердении в нормальных условиях после тепловлажной обработки в возрасте 28 суток

По рисунку 3 видно, что сильного влияния на прочность бетона дозировка замедлителя не оказывает, лишь на 5-7%. При твердении в нормальных условиях после тепловлажной обработки основная зависимость заключается в приближении расхода ВКЗ к максимальным значениям, при которых наблюдаются минимальные значения прочности. Рост прочности наблюдается при понижении расхода гипса.

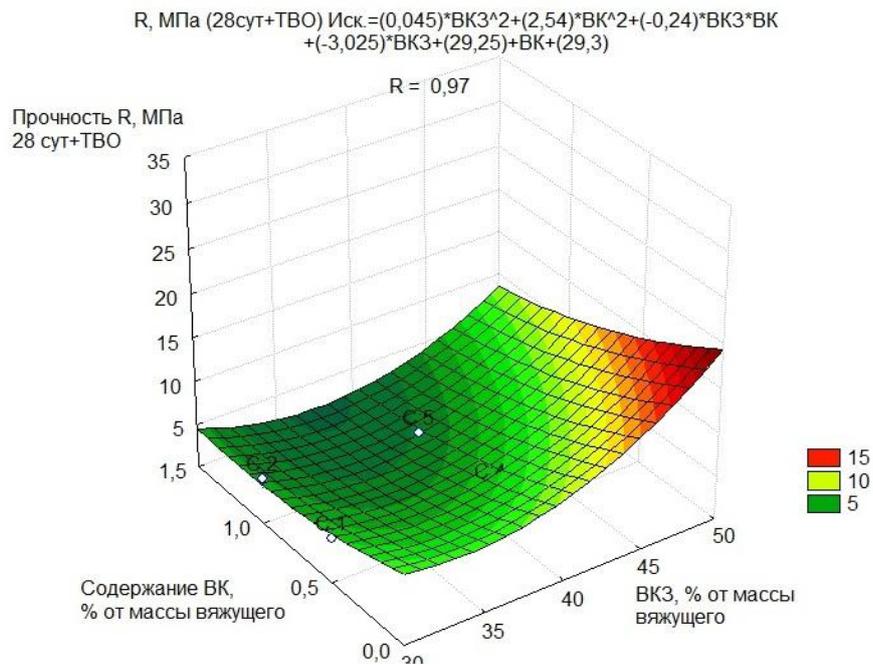


Рисунок 4 - Прочность цемента с ВКЗ и винной кислотой при твердении в нормальных условиях после тепловлажной обработки в возрасте 28 суток

На рисунке 4 видно, что при твердении в нормальных условиях после ТВО у образцов с повышением расхода ВКЗ наблюдается повышение прочности бетона. Однако, снижение прочности наблюдается при повышении дозировки добавки-замедлителя и приближении расхода ВКЗ к минимальному значению. При максимальных значениях расхода ВКЗ и средних дозировках гипса достигаются высокие значения прочности.

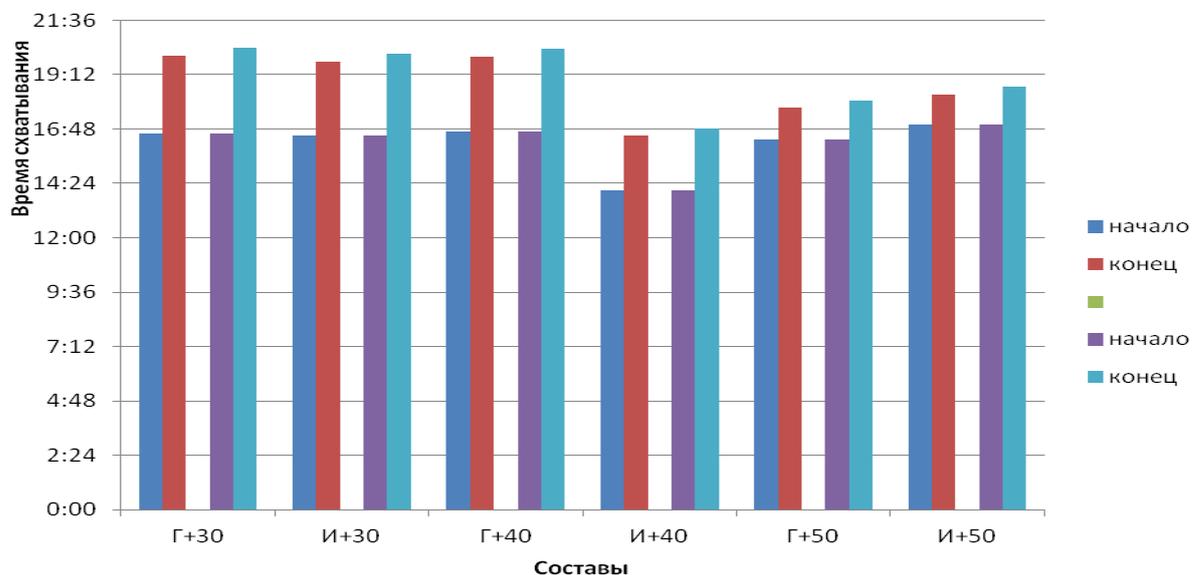


Рисунок 5 - Зависимость сроков схватывания составов цемент-зола и цемент-зола-гипс

На рисунке 5 видно, что при добавлении гипса в составы цемент-зола наблюдается незначительное замедление сроков схватывания, в среднем на 15-20 минут при различных дозировках. Это показывает, что гипс не лучший замедлитель схватывания и для длительности работ с подвижной бетонной смесью не годится.

Результаты экспериментов показывают, что для добавок, замедляющих твердение цемента, критерием служит снижение прочности на 30 % и более в возрасте до 7 суток. При

этом в проектном возрасте через 28 суток прочность цемента увеличивается, а проницаемость - снижается. В целом после тепловлажной обработки образцы показывают прочность выше, чем при твердении в нормальных условиях на 1-10%. В условиях твердения после тепловлажной обработки разность максимальных и минимальных значений при среднем расходе ВКЗ выше, а изменение значений максимальной прочности ниже на 7-15%.

Сравнивая составы с винной кислотой и составы с гипсом можно сказать, что прочностные характеристики образцов с гипсом при твердении после ТВО выше на 5-30%, а образцов, твердевших при нормальных условиях на 4-25%.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПЕНОБЕТОНОВ

Утков Р.В., Тамбовский Е.О.- студенты, Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Ячеистые бетоны получили широкое распространение в малоэтажном строительстве. Например, в Барнауле в коттеджных поселках 80 % домов построены из ячеистых бетонов.

Основной объём стен в коттеджах построен из газобетона, т.к. газобетон имеет лучшее соотношение прочность – плотность, а стены в коттеджах несущие и блоки должны иметь прочность не ниже 2,5 МПа. При такой же прочности пенобетонные блоки должны быть значительно тяжелее, а значит и менее тепло защищённые.

Однако технология пенобетона в ряде случаев преимущество перед газобетонной:

- 1) Не нужно контролировать вспучивание
- 2) Не нужно обеспечивать температуру выше 30-40
- 3) Не нужно срезать или приминать горбушку и т.д.

Поэтому возникает внимание характеристикам неавтоклавного пенобетона. Для этого нами проводилось сравнительное исследование пенобетона разного состава по содержанию цемента и песка: 40-60% цемента и 60-40% песка, а также исследовалось влияние ВКЗ.

В качестве сырьевых материалов в работе использовалось: ПЦ М400 Д20 ОАО "ИскитимЦемент"; высококальциевая зола ТЭЦ - 3 г. Барнаула, с содержанием СаО сум 7,5%; песок Обской; пенообразователь zelle-1.

Как видно на рисунке 1, прочность при твердении в нормальных условиях пенобетонов с песком пропорциональна расходу цемента.

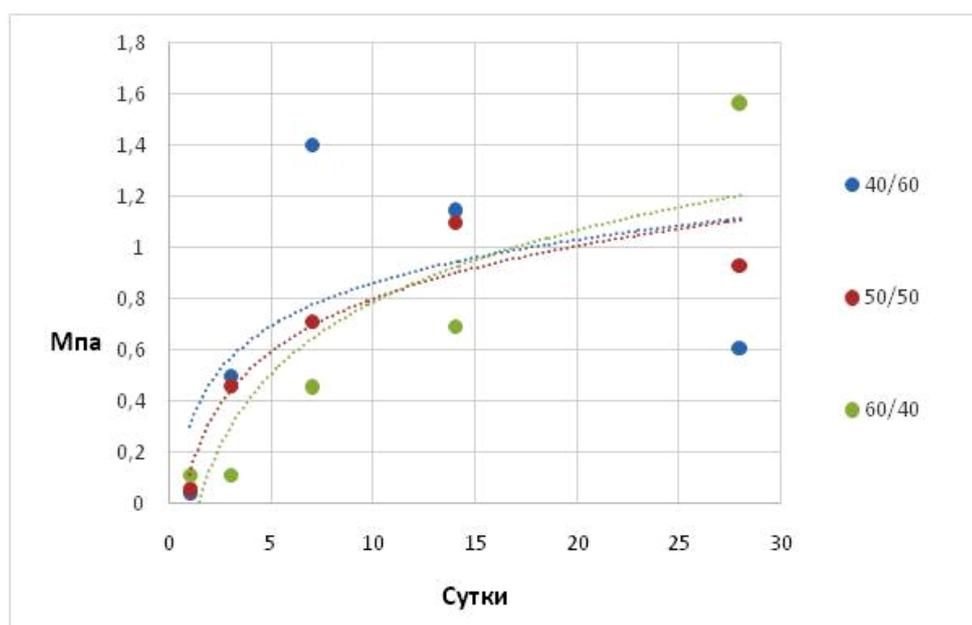


Рисунок 1- Кинетика набора прочности цементно-песчаной композиции

На рисунке 2 представлена аналогичная зависимость для композиции где песок полностью заменен золой, но абсолютная прочность цементно-зольных композиций в 2-2,5 раза больше по сравнению с цементно-песчаными.

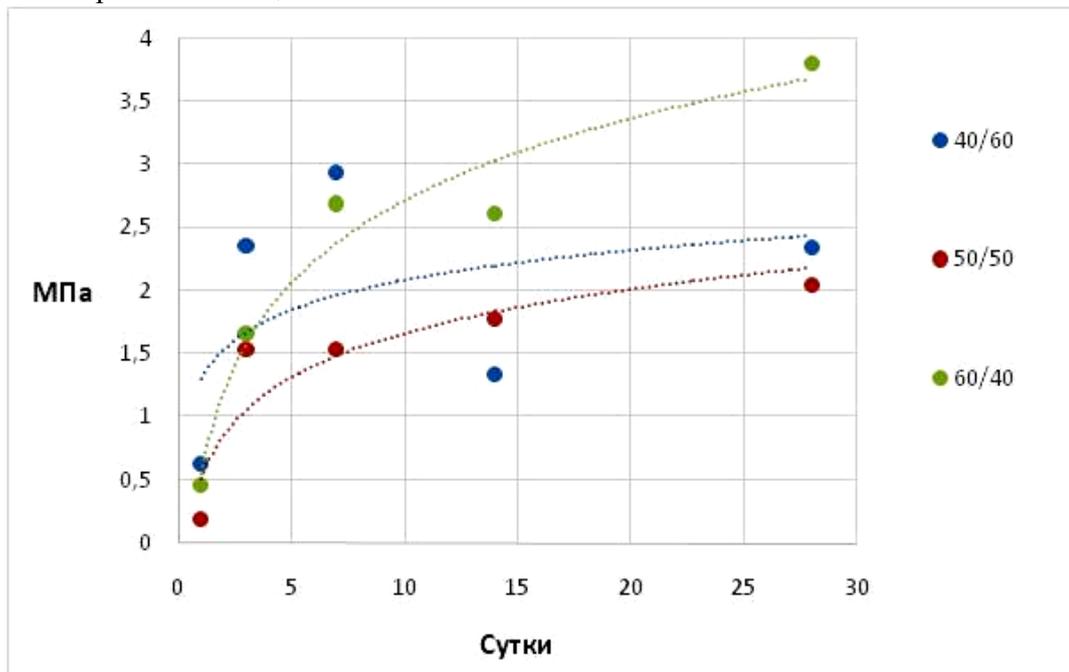


Рисунок 2- Кинетика набора прочности цементно-зольной композиции

Это подтверждается и для пропаренных образцов (рисунок 3), но здесь разница в прочности в 5-6 раз больше.

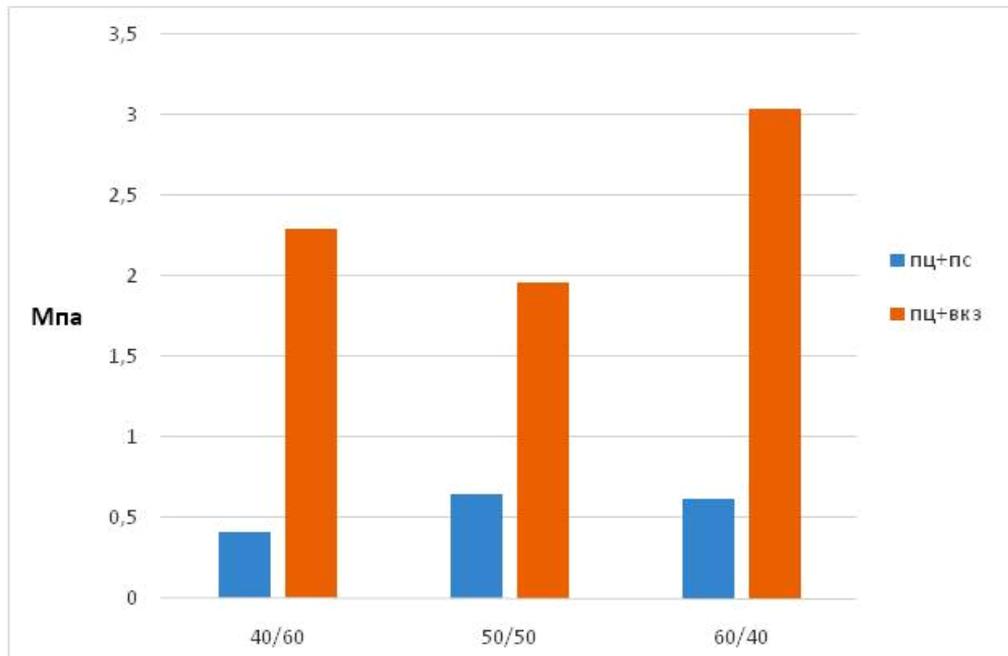


Рисунок 3- Прочность при сжатии образцов после ТВО

Полученные результаты объясняют наличие вяжущих свойств у золы, уплотнение камня (а значит упрочнение его) за счет гашения свободной извести золы при пропаривании.

Этот рост прочности происходит, не смотря на то что цементно-зольная композиция требует большее количество воды для затворения чем цементно-песчаная.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ-3 В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

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

В настоящее время в Российской Федерации более двух третей общего количества электрической и тепловой энергии поставляют теплоэлектростанции (ТЭЦ), работающие на углеводородном органическом топливе. В результате работы этих станций образуется большое количество отходов, часто не подлежащих вторичному использованию и требующих безопасного захоронения на специальных полигонах. Наличие в золе и шлаке тяжелых и радиоактивных элементов делает золошлакоотвалы экологически небезопасными для прилегающих к ним территорий и водоемов. В связи с этим проблема использования золошлаковых отходов является на сегодняшний день актуальной.

Целью работы данного исследования являлось нахождение способов применения золошлаковых отходов в дорожном строительстве.

В качестве сырьевых материалов в работе использовались золошлак мокрого шлакоудаления ТЭЦ-3, сухая высококальциевая зола ТЭЦ-3 с содержанием свободного СаО около 5 %, портландцемент марки ПЦ400Д20 Искитимского цементного завода, а так же поваренная соль (NaCl).

Методика заключалась в изготовлении золошлаковых образцов цилиндрической формы методом полусухого прессования с использованием вяжущих веществ для укрепления. Образцы выдерживались 20 суток при нормальных условиях, затем дважды подвергались ТВО с циклами 3-6-3 при 80°C и 60°C соответственно.

В результате полученные образцы с содержанием чистого портландцемента 6-10% имели среднюю прочность при сжатии 6-9 МПа. Образцы с содержанием смеси ВКЗ+ПЦ в соотношении 2:1 обладали прочностью при сжатии 4-6 МПа с содержанием вяжущих до 15%. При добавлении к исходным дозировкам смеси ВКЗ+ПЦ соли NaCl в количестве 1-3% была достигнута прочность при сжатии до 10 МПа.

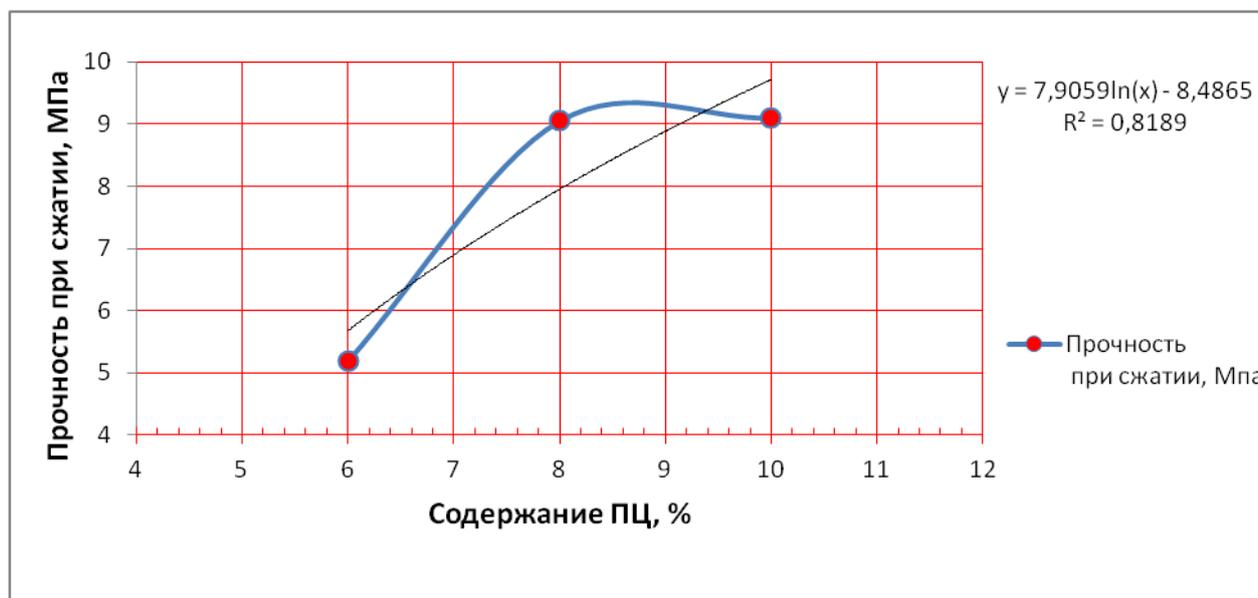


Рисунок 1 – Прочность при сжатии образцов с содержанием ПЦ



Рисунок 2 – Прочность при сжатии образцов с содержанием смеси ВКЗ+ПЦ в соотношении 2:1.

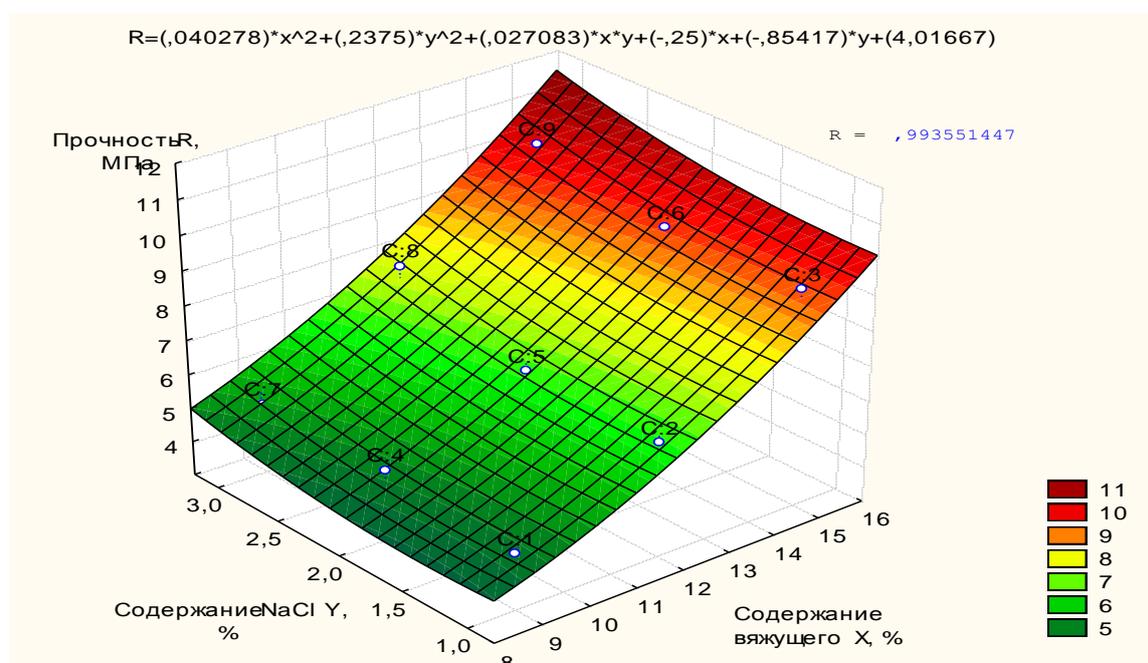


Рисунок 3 – Зависимость прочности образцов укрепленных смесью ПЦ+ВКЗ в сочетании 1:2 соответственно от содержания вяжущего и активизатора NaCl

Часть полученных образцов подвергалась испытаниям на морозостойкость. Образцы с наименьшим содержанием вяжущих испытывались на морозостойкость через 15 циклов, наилучшие результаты среди них показали образцы с содержанием чистого ПЦ в качестве вяжущего. Доля остаточной прочности у них составила порядка 50%. Образцы с большим содержанием вяжущих испытывались на морозостойкость в 20 циклов. Из них лучшие результаты так же показали образцы с наибольшим содержанием чистого ПЦ в качестве вяжущего. Доля остаточной прочности у них составила порядка 40%.

Таким образом, исходя из результатов испытаний на прочность можно сделать вывод что золошлак укрепленный чистым ПЦ, либо его смесью с ВКЗ может использоваться в качестве дорожных оснований автомобильных дорог.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГИПЕРПРЕССОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ
Усольцев И.А., Дисенов Р.А. – студенты, Жданова Н.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На действующем предприятии по добыче известняка для производства извести накапливается большое количество отсева дробления, который можно использовать при производстве строительных материалов. По заявке данного предприятия разрабатывалась технология производства гиперпрессованных изделий.

Цель данной работы заключалась в подборе оптимального зернового состава заполнителя, процентного содержания цемента и давления прессования для получения максимальной прочности изделий.

Предприятием были предоставлены следующие сырьевые материалы: портландцемент (ПЦ), известняковый отсев фракции 0-5 мм Камышенского месторождения Петропавловского района Алтайского края.

В ходе работы изготавливались образцы-цилиндры диаметром и высотой 50 мм. Формование осуществлялось при разном удельном давлении прессования: 20-100 МПа. Содержание ПЦ в составах варьировалось от 7 до 13 %. При подборе зерновых составов заполнителя учитывалось процентное содержание частиц менее 0,63 мм (мелкой фракции) для обеспечения более плотной структуры образцов. В исходном известняковом отсеве содержание мелкой фракции составило 20 %. При помоле в лабораторной шаровой мельнице МБЛ 5 был получен зерновой состав с содержанием мелкой фракции 50 %. Твердение образцов осуществлялось при тепло-влажностной обработке (ТВО) по режиму 3-6-3 при температурах 60 и 80 °С, а также в нормальных условиях (температура 20 °С, влажность 90 %). Испытания образцов производилось сразу после ТВО и на 28 сутки нормального твердения.

Испытание образцов, изготовленных из исходного зернового состава и подвергавшихся ТВО при температуре 80 °С, показывает, что при увеличении содержания цемента до 13 % и увеличении удельного давления прессования до 100 МПа наблюдается изменение прочности до 18 МПа (рисунок 1).

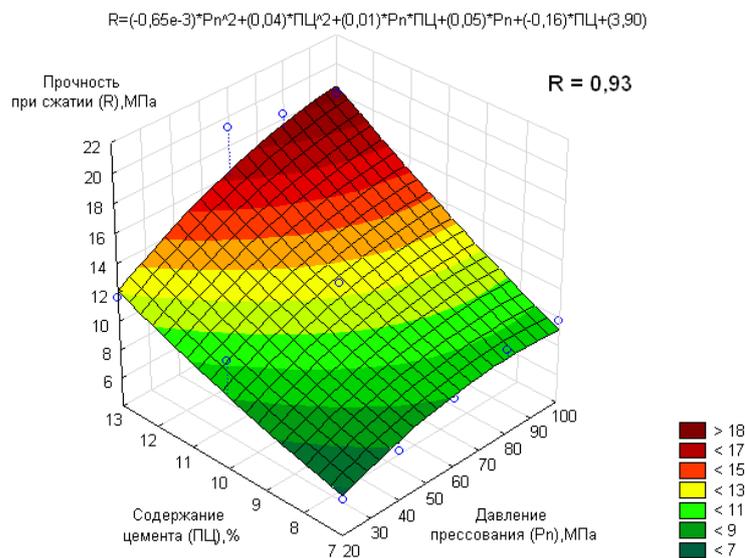


Рисунок 1 – Зависимость прочности при сжатии от содержания цемента и давления прессования на исходном известняковом отсеве

Однако недостаточное содержание мелкой фракции в исходном зерновом составе известнякового отсева влияет на внешний вид образцов, они имеют зернистое строение. Вследствие чего формовали изделия с увеличенным содержанием мелкой фракции. Сырьевую смесь заполнителя изготавливали путём добавления частиц размером 0,16-0,315 мм в исходный зерновой состав. Полученные результаты приведены на рисунке 2.

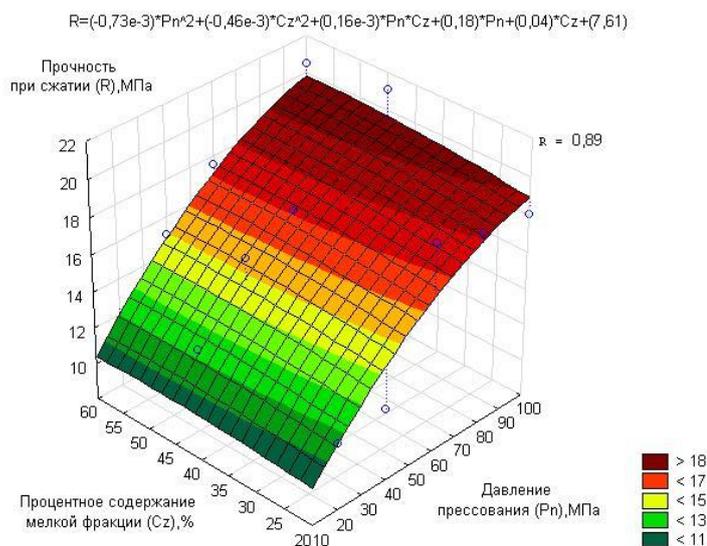


Рисунок 2 – Зависимость прочности при сжатии от содержания мелкой фракции и давления прессования при содержании цемента 13%

При одинаковом расходе цемента (13 %) наблюдается большой прирост прочности при увеличении давления прессования и незначительное её изменение при увеличении содержания мелкой фракции от 20 до 60 %. Максимальная прочность достигается при содержании частиц менее 0,63 мм от 50 до 60 % и давлении прессования от 80 до 100 МПа.

В условиях заводского производства увеличение содержания мелкой фракции путём добавления частиц размером 0,16-0,315 мм является трудоёмким процессом, поэтому моделирование оптимального зернового состава производилось помолот исходного известнякового отсева в лабораторной шаровой мельнице МБЛ 5.

Прочность при сжатии полученных образцов после тепло-влажностной обработки ниже прочности образцов из исходного зернового состава, но структура образцов более плотная. При твердении в нормальных условиях (рисунок 3) наибольшая прочность достигается при давлении прессования 60-80 МПа и содержании цемента 10-13 %. Среднее значение прочности при сжатии составляет более 25 МПа, что обеспечивает марку изделий М250.

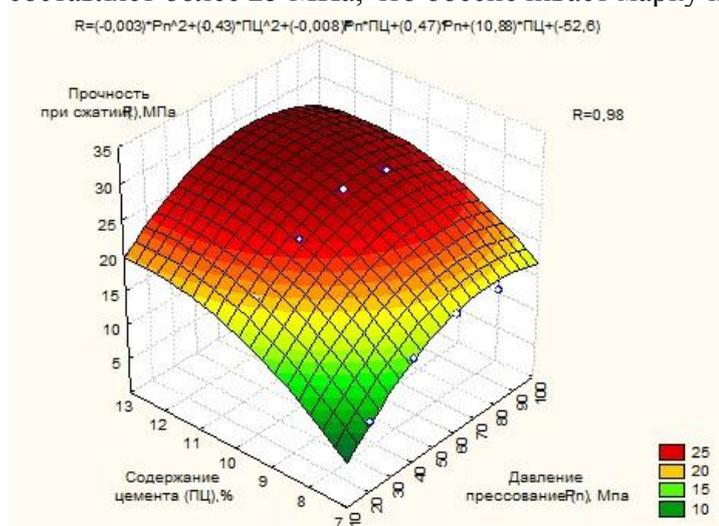


Рисунок 3- Зависимость прочности при сжатии от содержания цемента и давления прессования при содержании мелкой фракции 50 %

В результате эксперимента установлено, что для обеспечения плотной структуры изделий необходимо содержание мелкой фракции в зерновом составе заполнителя 50-60 %, наибольшая прочность достигается при введении 10-13 % цемента и давлении прессования 60-80 МПа.

ПРИМЕНЕНИЕ ВКЗ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Боровиков А.С., Назаров Д.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)

Замена части портландцемента на более дешевые компоненты актуальна всегда. Поскольку ВКЗ обладает вяжущим свойством, то является перспективным материалом и параллельно может решить проблему усадки и экологической составляющей.

Целью исследования является определение влияния содержания ВКЗ на прочностные и деформационные характеристики строительных растворов разной подвижности.

В работе использовались сырьевые материалы: ПЦ М400 Д20 ОАО «ИскитимЦемент»; Высококальциевая зола ТЭЦ-3 г. Барнаула, с содержанием $CaO_{сумм} 7,5\%$; Песок обской с модулем крупности 1,2.

В качестве контрольного состава был принят бездобавочный цементно-песчаный раствор состава 1:3. Доля в рабочих составах 20, 30, 40 % цемент заменен на ВКЗ и доля вяжущего в растворе увеличилась на 10, 20, 30 % соответственно, с одновременным уменьшением долей песка.

На первом этапе эксперимента исследовалось влияние содержания ВКЗ на прочностные характеристики строительных растворов. Было установлено, что при увеличении процентного содержания ВКЗ все составы при испытании 28-суточном возрасте показали прочности выше контрольного состава. Наилучший результат показали малоподвижные составы с погружением конуса на 1-8 см и содержанием 40% ВКЗ (рисунки 1 и 2).

На графике зависимости набора прочности на 28-е сутки при нормальном условии твердения цементно-зольных растворов разных подвижностей (рисунок 3). Видно, что малоподвижные растворы лучше набирают прочность и показали результаты выше, чем высокоподвижные, с тем же увеличением ВКЗ. Превышение прочности контроля растворами П1 и П2 начинается с процентным содержанием золы >30%, для П3 и П4 >40%.

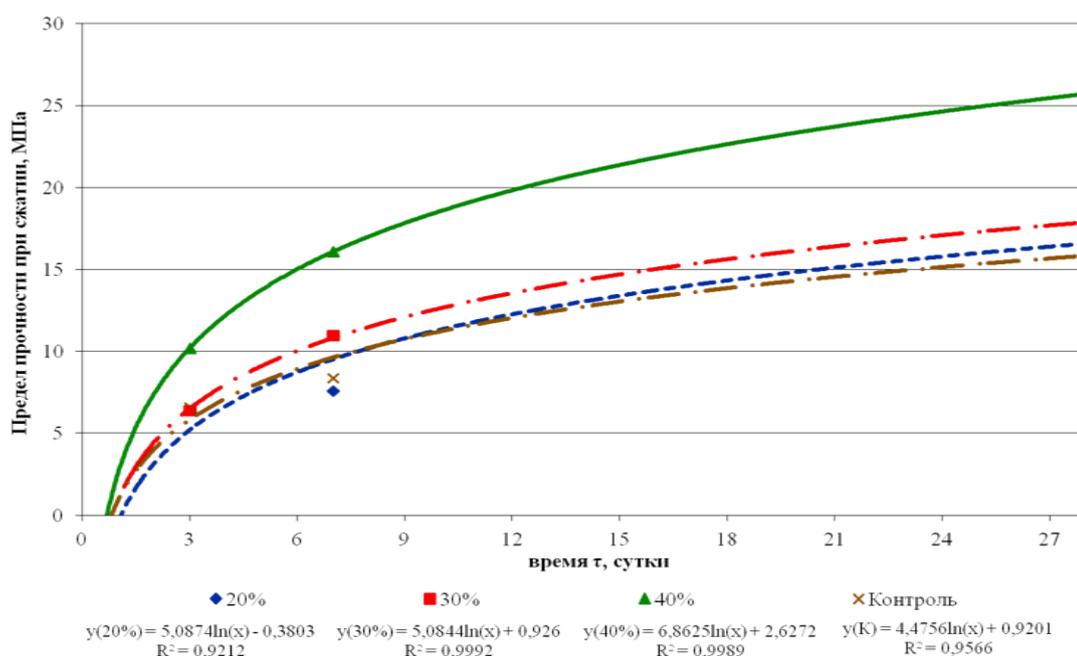


Рисунок 1 - Кинетика набора прочности цементно-зольного раствора П1

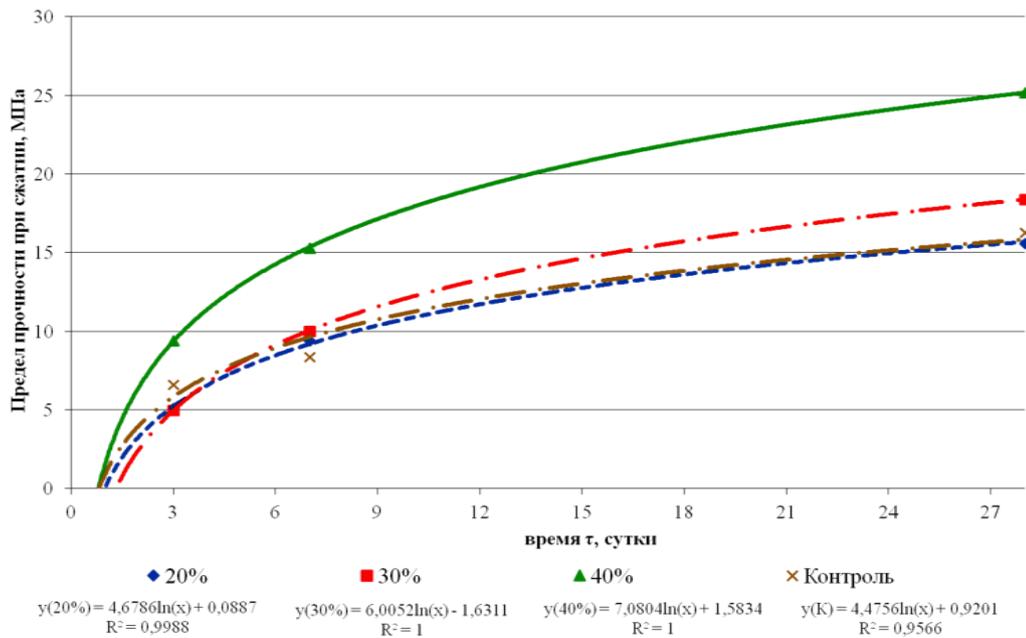


Рисунок 2 - Кинетика набора прочности цементно-зольного раствора П2

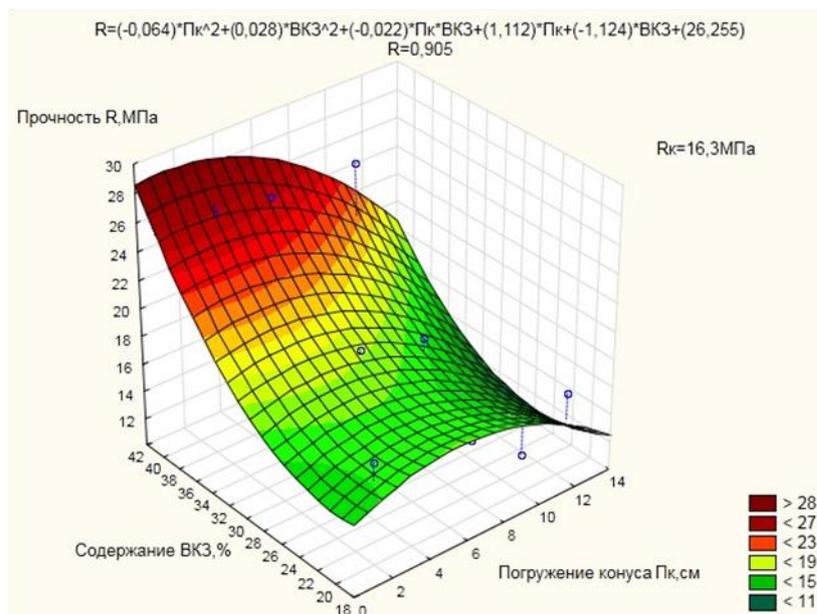


Рисунок 3 - Зависимость прочности на 28 сутки НУ цементно-зольного раствора различной подвижности от содержания ВКЗ

В рамках проведения второго этапа эксперимента определялось влияние содержания ВКЗ на удлинение образцов. Из рисунка 4 было выявлено, что увеличение содержания ВКЗ способствует увеличению удлинений, при 30-процентном содержании золы наибольшее расширение показал раствор с погружением конуса 8 см (П3). Можно сделать вывод, что высокоподвижные смеси (П3, П4) с добавлением золы расширяются лучше, чем малоподвижные (П1, П2).

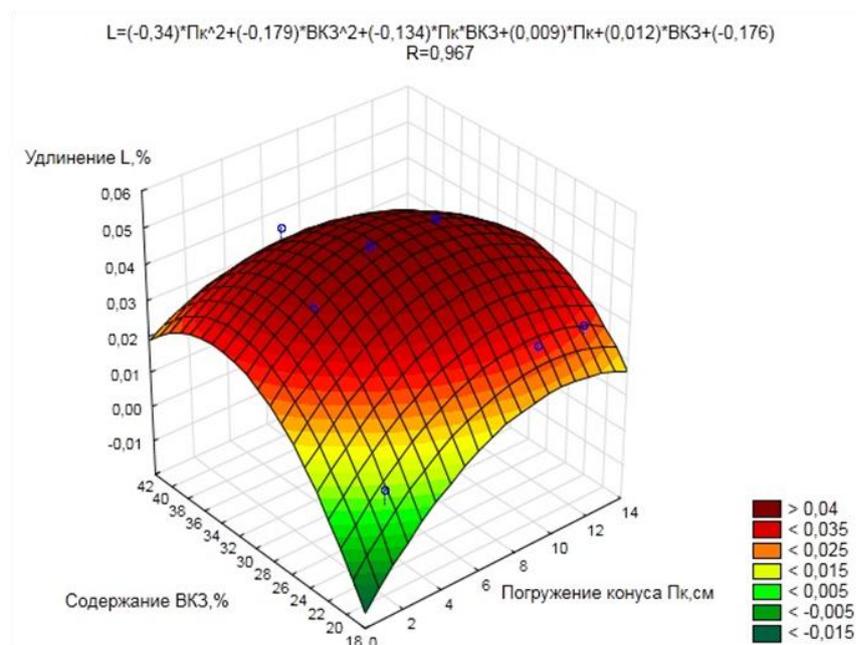


Рисунок 4 - Влияние содержания ВКЗ на удлинение образцов на 3 суток растворов различной подвижности.

Таким образом, применение ВКЗ в составе строительных растворов позволяет компенсировать усадку. Изменение подвижности растворной смеси не значительно влияет на деформации.

По прочностным характеристикам строительные растворы с добавлением ВКЗ соответствуют маркам М 150, М200.

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ЦЕМЕНТЫ.

Мырадов А.И. - студент, Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор

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

Целью работы данного исследования являлось изучение влияния различных минеральных добавок на прочность многокомпонентного цемента.

В работе были использованы следующие сырьевые материалы: Портландцемент ПЦ400Д20 Искитимского цементного завода, известняк, высококальциевая зола (ВКЗ), каменноугольная зола (КУЗ), микрокремнезем (МК), песок кварцевый (боровый), песок полешпательный (Обской).

Методика заключалась в изготовлении образцов кубической формы размерами 20x20 мм с добавлением различных добавок в разных пропорциях. Образцы выдерживались при различных условиях и разном времени.

В результате проведенных экспериментов было выявлено что наилучшие результаты дала добавка микрокремнезема в количестве 10%, при данном содержании добавки образцы дали некоторое увеличение прочности порядка 5%, при добавлении МК до 20% образцы сохранили марку цемента М400. Так же сохранение марки М400 дали добавки ВКЗ, КУЗ и известняка при добавлении до 20%, добавление кварцевого и полевошпатового песка возможно только до 10% для сохранения исходной марки цемента.

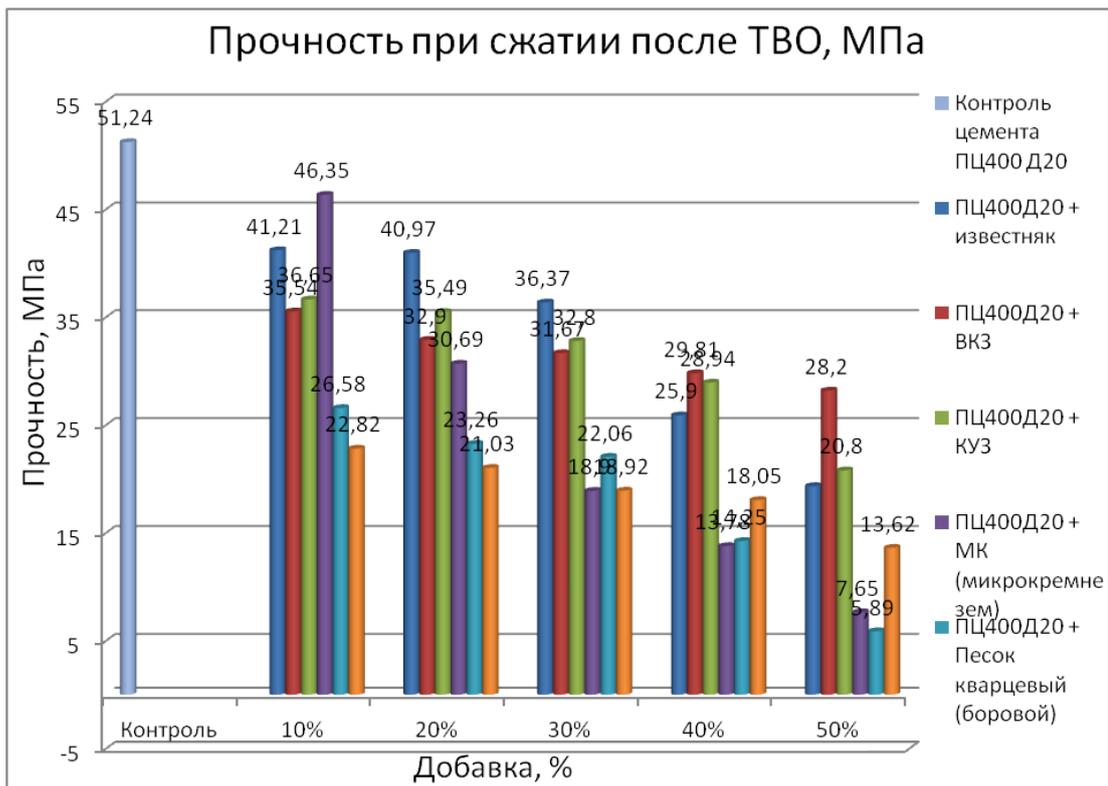


Рисунок 1 – Прочность образцов после ТВО

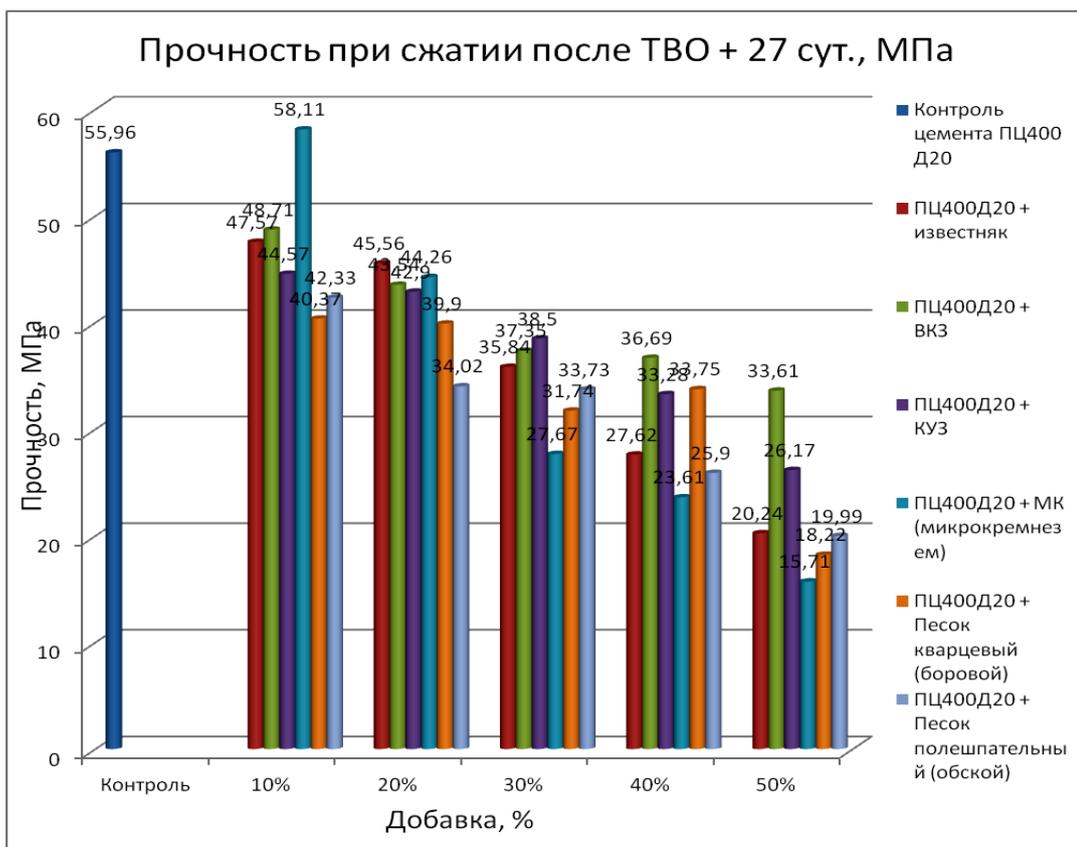


Рисунок 2 - - Прочность образцов после ТВО+ твердение в нормальных условиях

$$R_{сж} = (-0,01) \cdot M^2 + (0,007) \cdot C^2 + (1,78) \cdot M/C + (0,65) \cdot M + (-0,93) \cdot C + (32,54)$$

$$R = 0,947$$

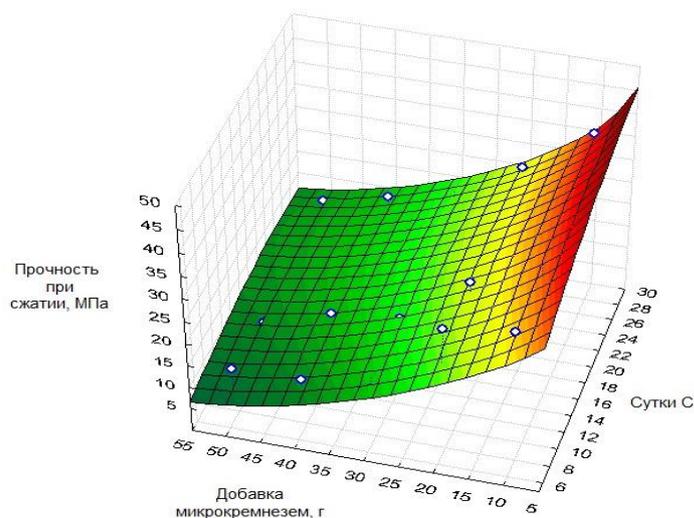


Рисунок 3- Зависимость набора прочности многокомпонентного цемента во времени от содержания микрокремнезема

Влияние минеральных добавок при большом содержании отрицательно влияет на прочность цемента, образцы после ТВО дают большую прочность, чем образцы твердеющие в нормальных условиях.

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОВОГО ПОВЕДЕНИЯ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ НАВЕСНОГО ФАСАДА ОТ МАТЕРИАЛА КАРКАСА

Баженов Р.В. – аспирант, Назиров Р.А. – д.т.н., научный руководитель
Инженерно-строительный институт
Сибирского федерального университета (г. Красноярск)

Как известно, системы навесного вентилируемого фасада являются одним из самых популярных вариантов отделки, как при новом строительстве, так и при реконструкции существующих зданий. В качестве материала каркаса систем навесного вентилируемого фасада используется нержавеющая сталь, оцинкованная сталь или алюминий. В статье представлен анализ влияния материала каркаса на тепловую работу анкерного крепления каркаса.

Статья является тезисом к дальнейшей исследовательской работы по вопросу теплового поведения анкерного крепления навесного фасада.

Расчеты проводились для климатических условий города Красноярска [1].

Характеристики материалов, используемые в расчетах представлены в таблице.

Таблица – Характеристики материалов

| № | Вид материала | Плотность, кг/м ³ | Теплопроводность, Вт/(м · оС) |
|---|---|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Кирпичная кладка из сплошного кирпича глиняного обыкновенного (ГОСТ 530-2012) на цементно-песчаном растворе | 1800 | 0,81 |
| 2 | Железобетон | 2500 | 2,04 |
| 3 | Сталь | 7850 | 58 |
| 4 | Алюминий | 2600 | 221 |
| 5 | Плита минераловатная RockWool Венти Баттс | 90 | 0,045 |

На рисунке показана конструкция и распределение температурных полей для узла анкерного крепления навесного фасада для железобетонной и кирпичной стены. В качестве выходного параметра принята температура острия анкера. Изображения распределений температурных полей в конструкции узла получены с помощью программного расчетного комплекса ANSYS Workbench.

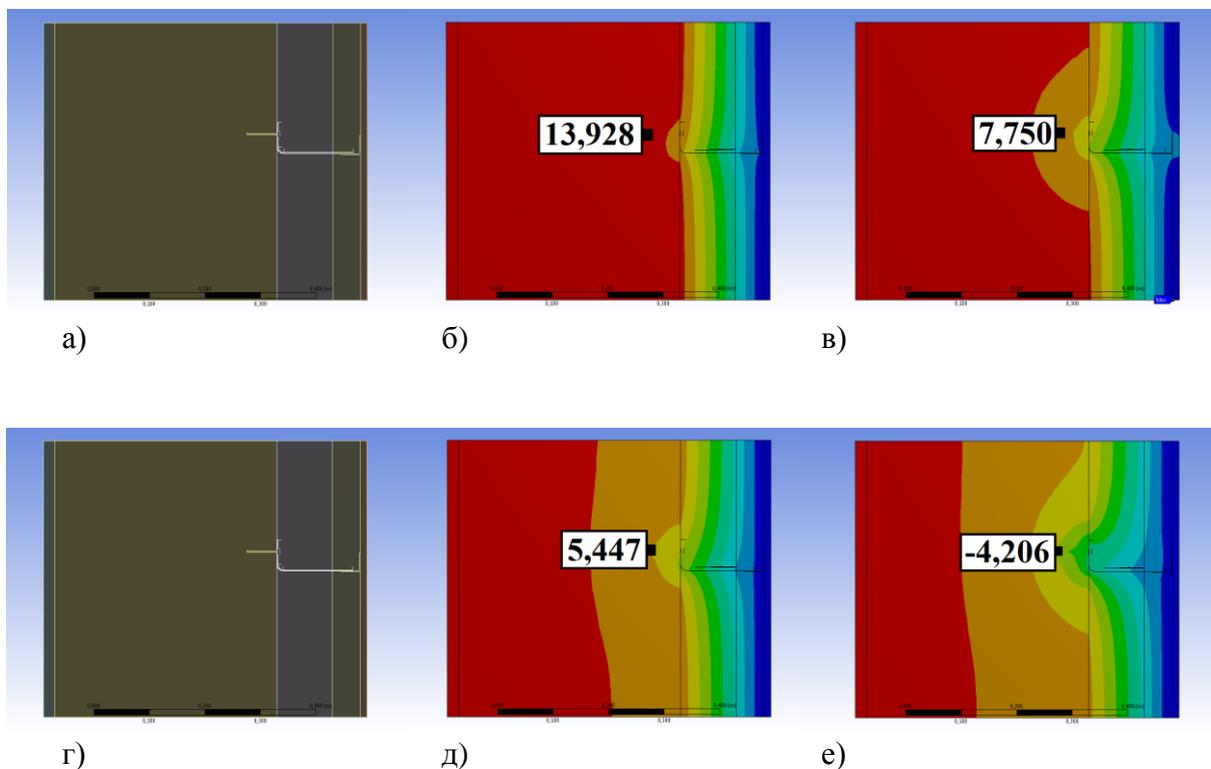


Рисунок – а) Модель узла крепления навесного вентилируемого фасада. Материал стены – железобетон, толщина – 400 мм, толщина слоя утеплителя – 150 мм; б) Распределение температурных полей в узле. Материал каркаса системы навесного фасада – оцинкованная сталь. Температура анкера – плюс 13,928 °С; в) Распределение температурных полей в узле. Материал каркаса системы навесного фасада – алюминий. Температура анкера – плюс 7,750 °С. г) Модель узла крепления навесного вентилируемого фасада. Материал стены – кирпич, толщина – 510 мм, толщина слоя утеплителя – 150мм; д) Распределение температурных полей в узле. Материал каркаса системы навесного фасада – оцинкованная сталь. Температура анкера – плюс 5,447 °С; е) Распределение температурных полей в узле. Материал каркаса системы навесного фасада – алюминий. Температура анкера – минус 4,206 °С.

Исходя из расчетов, можно сделать вывод, что материал каркаса системы навесного фасада имеет значительное влияние на тепловую работу узла анкерного крепления. Температура анкера при использовании алюминиевого каркаса при прочих равных условиях падает на 6-9 °С и в случае с кирпичной стеной достигает минус 4,206 °С, что является недопустимым в плане возникновения опасности ослабления крепления фасада в следствие разрушения материала стены в месте контакта анкера и стены из-за попеременного замерзания и оттаивания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.