

РОЛЬ ГИДРОГРАНАТОВ В СИЛИКАТНОМ КАМНЕ

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

Технология производства автоклавных материалов достаточно широко распространена. Только в Барнауле находятся три завода: два завода силикатного кирпича и один - автоклавного газобетона. Для производства автоклавных материалов требуется достаточно чистое сырьё: чистые кварцевые пески и известь. Чистые кварцевые пески на сегодняшний день являются дефицитными и находят применение в наиболее дорогостоящих материалах (стекло, фарфор и т.д.), поэтому возникает проблема замены чистого сырья на минеральные отходы промышленности. Однако часто в минеральных отходах наряду с кремнезёмом содержится глинозём и другие оксиды, которые отсутствуют в чистом сырье. Присутствующий Al_2O_3 в системе $CaO-SiO_2-H_2O$ при автоклавной обработке может приводить к синтезу различных фаз: глинозёмсодержащих, CSH, тоберморита и т.д. По вопросам глинозёмсодержащих фаз отмечается много неопределённостей и противоречий. Многие авторы [1] сообщают о том, что до 15 % Al_2O_3 может входить в качестве примесей в тоберморит и тогда его называют Al-замещенные тоберморит. Другой фазой, которую отмечают исследователи, являются гидрогранаты кальция (ГГК). ГГК представляют собой соединения с общей формулой $Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-y}(OH)_{4y}$. [2] Известно так же, что автоклавный материал, содержащий Al_2O_3 , характеризуется пониженными свойствами. Часто авторы объясняют это синтезом ГГК.

Целью нашего исследования являлось выяснение роли гидрогранатов в силикатном камне. Для этого было проведено два эксперимента:

1. С добавлением в силикатную массу композицию (ПЦ+20% глинозема). Такая композиция по данным американских ученых обеспечивает синтез ГГК.
2. С добавлением Al_2O_3 в количестве от 0 до 20%.

В качестве сырьевых материалов использовали кварцевый песок Власихинского карьера; строительную известь ООО «ЗЯБ», цемент М500Д0 ООО «Искитим цемент».

Перед проведением эксперимента производим подготовку сырьевых материалов. В муфельной печи дожигаем известь 4сорта до образования $CaO > 95\%$. В лабораторной шаровой мельнице обожженную известь и кварцевый песок подвергаем помолу до тонкости цемента, в соотношении 1:1. Молотую известково-песчаную смесь затворяем водой в количестве 20% от массы обожженной извести и ставим в сушильный шкаф на 3 ч. при температуре $60^\circ C$.

Из известково-песчаной смеси с добавлением композиции (ПЦ+20%глинозема) в количестве 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100 %, а также чистого глинозема в количестве 1, 5, 10, 15, 20 % формуем образцы-кубики размером 2х2х2 см, которые твердели в автоклаве в течении 8 и 50 часов, часть из которых затем погружаем в воду для дальнейшего твердения в течении 2 суток. После высушиваем образцы при $100^\circ C$ до постоянной массы, проверяем на прочность.

Как видно из полученной модели (рисунок 1) зависимости прочности известково-песчаного силикатного материала с добавкой (ПЦ+20% глинозема) прочность образцов повышается при увеличении количества вводимой добавки и продолжительности автоклавной обработки, при этом в основном на повышение прочности оказывает влияние добавка, а автоклавная обработка вносит не такой значительный вклад в прирост прочности. Для объяснения данного эффекта нужно дополнительно проводить фазовый анализ. Образцы, которые были погружены в воду на 2 суток для дальнейшего твердения, показали снижение прочности относительно неводонасыщенных. При этом увеличение количества добавки позволило повысить коэффициент размягчения от 0,6 до 0,87.

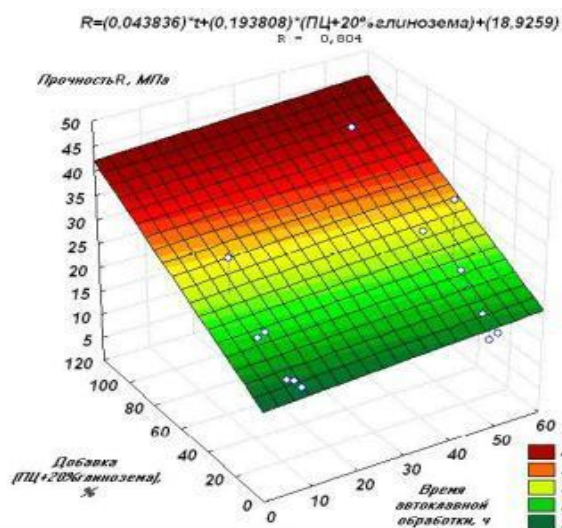


Рисунок 1 — Зависимость прочности при сжатии от количества добавки ПЦ+20%глинозема и времени автоклавной обработки при 1,0 МПа.

При введение добавки глинозема в известково-песчаную смесь (рисунок 2) наблюдается уменьшение прочности пропорционально введенной добавки, что сходно с результатами ученых, которые ранее проводили такие эксперименты.[1]

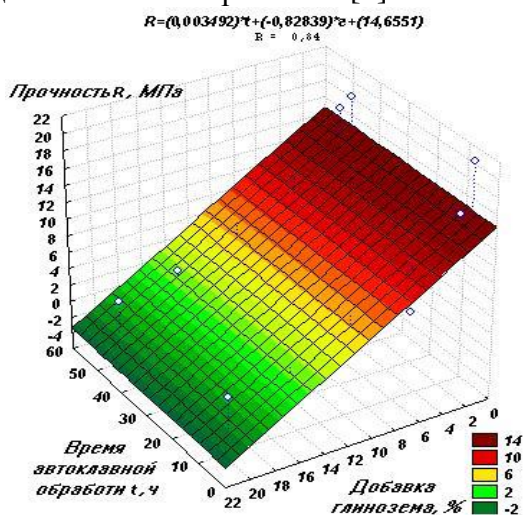


Рисунок 2 — Зависимость прочности при сжатии от количества добавки глинозема и времени автоклавной обработки при 1,0 МПа.

Время автоклавной обработки не оказывает существенного влияния на увеличение прочности, это может быть связано с большей дисперсностью песчаного компонента (в данном эксперименте использовался молотый кварцевый песок), что позволило ему полностью прореагировать в данных условиях.

В известково-песчаной смеси при увеличении количества добавки с высоким содержанием Al, происходит образование большого числа гидрогранатов, что отрицательно сказывается на свойствах изготавливаемых изделий.

Список используемой литературы :

1. Козлова, В.К. Состав алюминатно-аюмоферитных фаз и их продуктов гидратации в различных цементах и смешанных вяжущих монография [Текст] / В.К. Козлова, Ю.В. Карпов, А.М. Маноха; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2008. – 302 с.

2. K. Kyritsis, « Relationship Between Engineering Properties, Mineralogy, and Microstructure in Cement-Based Hydroceramic Materials Cured at 200⁰–350⁰C, » J. Am. Ceram. Soc., 92 [3] 694–701 (2009).

ВЛИЯНИЕ КИСЛЫХ ЗШО НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТА
 Бердышева О.В., Столбова С. В. – студенты, Овчаренко Г. И. – д. т. н., профессор
 Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Стоимость бетона и железобетонных изделий прямопропорциональна стоимости цемента. Существует большое разнообразие вводимых в цемент добавок, которые улучшают его свойства и уменьшают себестоимость. Но не всегда добавки бывают выгодными с экономической точки зрения, поэтому мы решили использовать в качестве добавки кислые золошлаковые отходы, которые распространены повсеместно. Их получают путем сжигания каменного угля на ТЭЦ.

В качестве сырьевых материалов использовались: ПЦ 500 Д0 и известняк ОАО «Искитимцемент», кислые золошлаковые отходы с ТЭЦ – 2 г. Барнаула, песок речной с поймы р. Обь, строительная известь, доменные гранулированные шлаки.

В отходах от сжигания углей на ТЭЦ, кислых ЗШО, содержится около 20 % недогоревших частиц угля, поэтому ЗШО необходимо дожигать. Прокаливание ЗШО осуществляли в муфельной печи при температуре 800⁰ С с последующим помолом в лабораторной шаровой мельнице МБЛ – 5 с энергией помола в 50 % от затрат энергии на помол клинкера на цемент. Портландцемент и молотые ЗШО смешивали в заданных пропорциях и испытывали в образцах 2 × 2 × 2 см из ТНГ, а также в балочках 4 × 4 × 16 см

Попытки грануляции ЗШО перед обжигом строительной известью в количестве 10 % по массе показали, что это приводит к отрицательным результатам (табл.1). Поэтому в дальнейшем в качестве связки перед грануляцией использовали местный суглинок.

Таблица 1 – Прочность в ранние сроки

Состав	Прочность при сжатии на 1 сутки, МПа	Прочность при сжатии на 7 суток, МПа
ПЦ 500 контроль	22,62	61,16
ПЦ 500 + 10 % ЗШО	19,27	48,85
ПЦ 500 + 20 % ЗШО	9,51	36,11
ПЦ 500 + 30 % ЗШО	3,27	23,21
ПЦ 500 + 40 % ЗШО	0	8,51

Изменение прочности таких золоцементов (составы по таблице 1) приведено на рис.1.

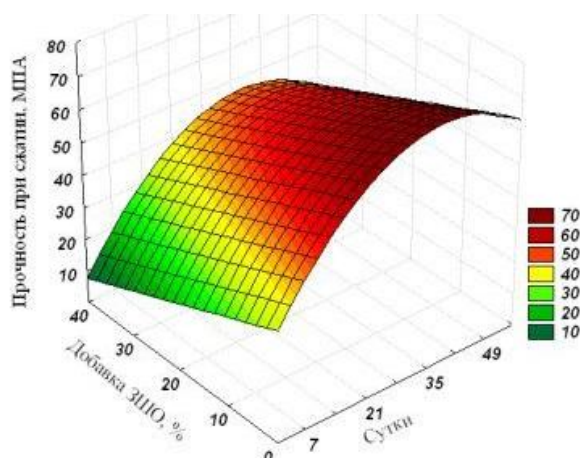


Рисунок 1 – Зависимость влияния во времени добавки ЗШО на прочность при сжатии (r=0.86)

Из рисунка 1 видно, что при добавлении ЗШО в количестве до 20 % прочность образцов снижается незначительно, что позволяет экономить цемент, а при большем содержании ЗШО прочность намного меньше, чем у бездобавочного цемента. Пропаривание не дает

увеличения прочности, а наоборот снижает ее, из чего делаем вывод, что эти составы лучше набирают прочность в нормальных условиях твердения.

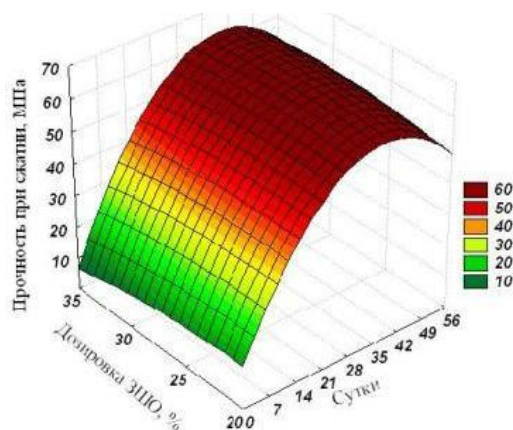


Рисунок 2 – Зависимость влияния во времени добавки ЗШО и известняка (соответственно, 35/0, 30/5, 25/10, 20/15) на прочность при сжатии. Контроль ДГШ 35% (МПа):: 1 сутки - 5,46, 7 сутки - 48,64, 28 суток - 52,52, 56 суток - 52,01 ($r=0.9$)

Из литературы известно, что композиция из кислых ЗШО и известняка более эффективна в качестве добавки к цементу. Поэтому далее были испытаны составы смешанных цементов из отдельно молотых ЗШО и известняка в соотношениях: 35/0, 30/5, 25/10, 20/15 по массе (и в процентах добавки к цементу). Для сравнения в количестве 35 % к цементу добавляли доменный граншлак, молотый при 100 % затрат энергии на помол клинкера на цемент.

При полной замене ДГШ на ЗШО наблюдается снижение прочности. А при добавлении к ЗШО небольшого количества известняка (5%) прочность образцов выше, чем у контроля. Если заменяем известняком большее количество ЗШО, то прочность снижается.

Чтобы исследовать поведение ЗШО в цементных растворах и бетонах, испытывали образцы - балочки $4 \times 4 \times 16$ см. Контроль – образец из цемента и песка в отношении 1 : 3.

При добавке ЗШО в цементный раствор образцы показывают одинаковую прочность при твердении, как при нормальных условиях, так и при пропаривании (рисунок 3). При увеличении содержания ЗШО повышается водоцементное отношение, что способствует увеличению пористости и, как следствие, уменьшению прочности. Если в такую систему вводить пластификаторы, то прочность будет повышаться.

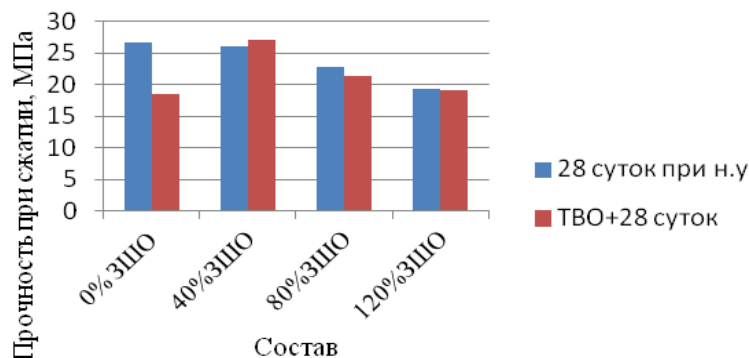


Рисунок 3 – Сравнение прочность при сжатии образцов с добавкой ЗШО, твердевших в нормальных условиях и при ТВО

При разбавлении цемента добавкой ЗШО наблюдается увеличение водоцементного отношения прямопропорциональное количеству ЗШО, вследствие этого уменьшается прочность. Пуццолановая активность добавки повышается при добавлении 5 % известняка от массы ЗШО. Замена в растворах и бетонах песка на ЗШО до 40 % от массы цемента приводит к повышению прочности изделий.

УКРЕПЛЕНИЕ СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫМИ ЗОЛАМИ ТЭЦ ОТ СЖИГАНИЯ БУРЫХ УГЛЕЙ

Мокров А. В. Семькина Т. В. – студенты, Овчаренко Г. И. – д. т. н., профессор
Алтайский государственный технический университет им И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Укрепление грунтов – один из эффективных подходов к конструированию дорожных покрытий. Актуальность использования укрепленных грунтов в настоящее время обусловлена увеличивающимися объемами строительства автомобильных дорог и дефицитом (высокой стоимостью) каменных материалов. Большая часть территории России лишена каменных материалов, и дорожное строительство в ее пределах базируется на применении щебня, доставляемого из горных частей страны или зарубежья (Украины) на расстояние до 400 - 500 км. Значительные затраты на транспортирование материалов вызывают увеличение общей стоимости строительства автомобильных дорог. Поэтому на этих территориях для устройства дорожных одежд целесообразно применять местные материалы, укрепленные различными вяжущими, в данном случае высококальциевой золой ТЭЦ от сжигания бурых углей.

В работе были использованы следующие материалы: 8 проб ВКЗ от сжигания бурых углей Барнаульской ТЭЦ-3; суглинок месторождения «Казенная заимка»

Таблица 1. Характеристика проб высококальциевой золы

№ проб	ТНГ, %	Сроки схватывания, мин		Остаток 008, %	$S_{уд}$ г/см ³	ΔT , °C	$CaO_{св}$, %			Рсж, кубики 2×2×2 МПа
		начало	конец				открыт	сумм	закрыт	
1	30	6	40	7	2145,6	2	3,45	4,71	1,26	1,4
2	27,5	9	45	8,6	2148,97	1,5	2,20	3,25	1,05	1,4
3	32,5	6	43	6,38	2042,55	1	4,02	4,59	0,57	1,6
4	28	7	40	5,8	2013,85	0,5	2,27	3,38	1,49	1,8
5	26,5	9	45	9	2189,99	1	1,35	2,9	1,55	1,4
6	33	5	36	10,6	2774,49	3	4,07	5,12	1,05	1,4
7	30	5	40	7,4	2138,99	1,5	3,29	3,63	0,34	1,6
8	29,5	7,5	40	3,8	2095,55	3	3,04	3,84	0,8	1,4

Готовые сырьевые материалы глина и высококальциевая зола дозировались в пропорциях: 90:10; 80:20; 70:30; 60:40, соответственно. Водотвердое отношение принималось равным 10%. Из полученного пресс-порошка прессовались образцы цилиндры $d=50$ см при удельном давлении 150 кг/см². Готовые образцы хранились в НУ (100% влажность, температура (20 ± 2) °C) и испытывались на 7,28,56 сутки на прочность при сжатии.

На Рисунке 1 можно наблюдать, что при увеличении содержания в золе свободной окиси кальция прочность увеличивается, но достигнув 4,5 %, прочность начинает уменьшаться, наблюдается оптимум. Это подтверждает Рисунок 2 т.к. содержание свободной окиси кальция и температурный эффект являются параметрами активности золы.

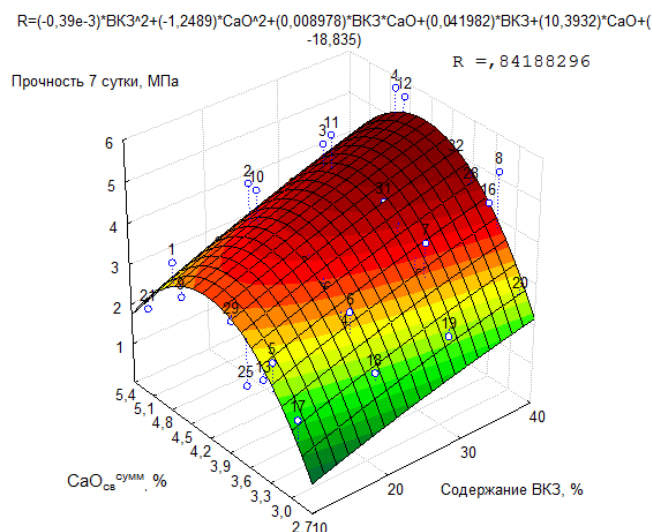


Рисунок 1 - Зависимость прочности при сжатии на 7 сутки от содержания ВКЗ и $\text{CaO}_{\text{св. сумм}}$

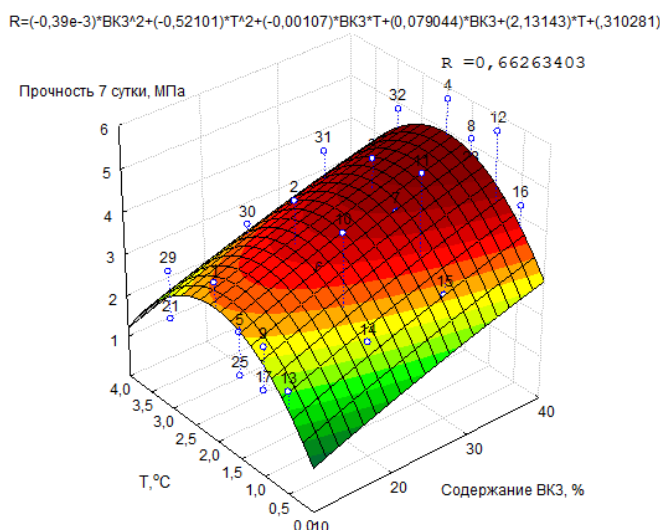


Рисунок 2 - Зависимость прочности при сжатии на 7 сутки от содержания ВКЗ и температурного эффекта

По требованиям ВСН 185-75 укрепленный грунт на 90 сутки для первого класса прочности должен выдерживать 4-6 МПа. По логарифмической зависимостим ($R_7 = (R_{90} \cdot \lg 7) / \lg 90$) можно вычислить требуемую прочность при сжатии на 7 сутки, которая составляет 1,73-2,59 МПа. Таким образом, все составы эксперимента обеспечивают требуемую прочность.

ПРИМЕНЕНИЕ КИСЛЫХ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ ДОМЕННОМУ ГРАНУЛИРОВАННОМУ ШЛАКУ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА

Сухорукова Н. И., Садрашева А. О. - студенты, Овчаренко Г. И. - д. т. н. профессор
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Удаленность цементных производств от металлургических заводов, являющихся поставщиками доменного гранулированного шлака (ДГШ), существенно снижает экономическую эффективность его использования. В связи с этим актуальной является задача замены ДГШ более доступным местным сырьём. Одним из вариантов решения

данной проблемы является использование в качестве добавки при производстве портландцемента золошлаковых отходов.

Целью данной работы является поиск оптимального состава цемента с использованием кислых золошлаковых отходов, который будет обладать наилучшими характеристиками.

В работе в качестве сырьевых материалов использовались: портландцементный клинкер производства ОАО «Искитимцемент», двуводный гипсовый камень, известняк Рублево-Агафьевского карьера, высококальциевая зола (ВКЗ) от сжигания бурых угля КАТЭКа на Барнаульской ТЭЦ-3 ($\text{CaO}^{\text{св}}_{\text{сумм}}=4.71\%$), кислые золошлаковые отходы (ЗШО) от сжигания каменного угля с ТЭЦ-2 г. Барнаула, прокаленные при 800°C , доменный гранулированный шлак ЗапСИБа, песок речной с поймы реки Обь с модулем крупности $M_{\text{кр}}=1,25$.

Испытания проводились на образцах-кубиках (размерами $2\times 2\times 2\text{ см}$) и образцах-балочках (размерами $4\times 4\times 16\text{ см}$). Образцы подвергались тепло-влажностной обработке по режиму 3+6+3ч при температуре изотермической выдержки 60°C , а также твердели в нормальных условиях и испытывались на 3сут. и 28 сут. За контроль принято вяжущее по составу аналогичное портландцементу ПЦ М400Д20 с доменным граншлаком, приготовленное помолотом исходных компонентов с энергией помола 100%, одинаковой для всех составов.

В ходе проведения эксперимента проводилось исследование влияния содержания золошлаковых отходов и высококальциевой золы на прочность полученных образцов.

На первом этапе исследования рассматривались составы с различным процентным соотношением доменного гранулированного шлака и кислых золошлаков при одинаковой энергии помола (100%).

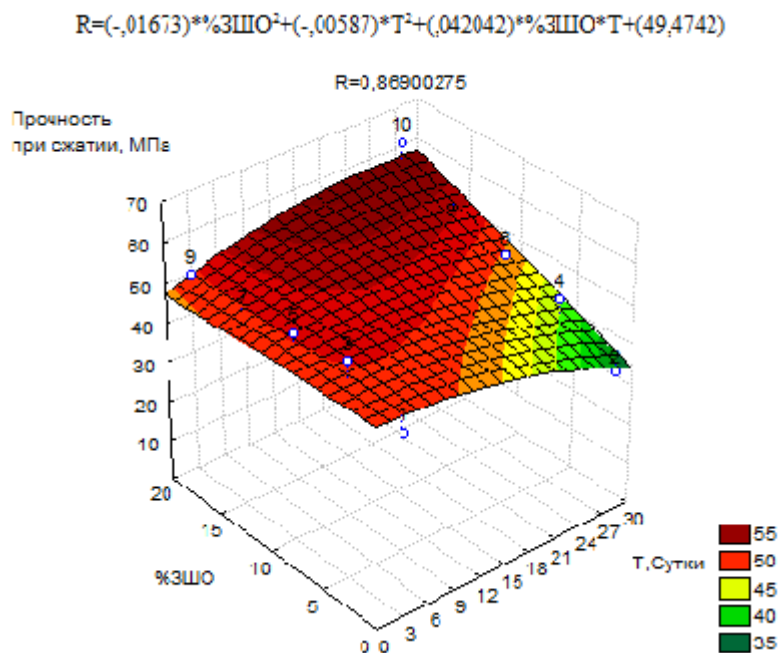


Рисунок 1-зависимость набора прочности от замены ДГШ на ЗШО,% на образцах-кубиках, твердевших в нормальных условиях.

На рисунке 1 представлена зависимость прочности образцов-кубиков, твердевших в нормальных условиях, от процентного содержания ЗШО. При увеличении доли ЗШО в ранние сроки твердения прочность образцов приблизительно находятся на одном уровне с контролем. К 28 суткам прочность возрастает с увеличением содержания ЗШО.

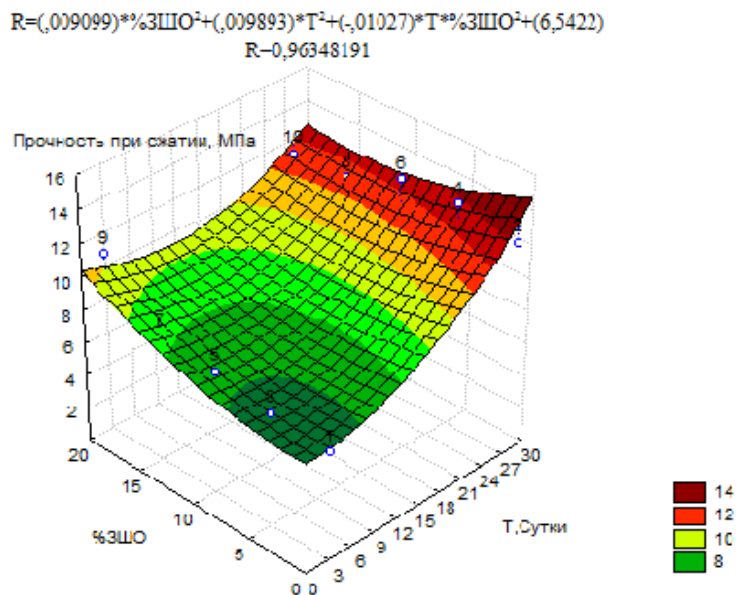


Рисунок 2 -зависимость набора прочности образцов-балочек, твердевших в нормальных условиях, от замены ДГШ на ЗШО, %

Испытания на образцах-балочках показали (рисунок 2), что в начальные сроки прочность вяжущего с добавкой ЗШО увеличивается, однако со временем скорость набора прочности снижается, и конечная прочность примерно соответствует контрольному составу.

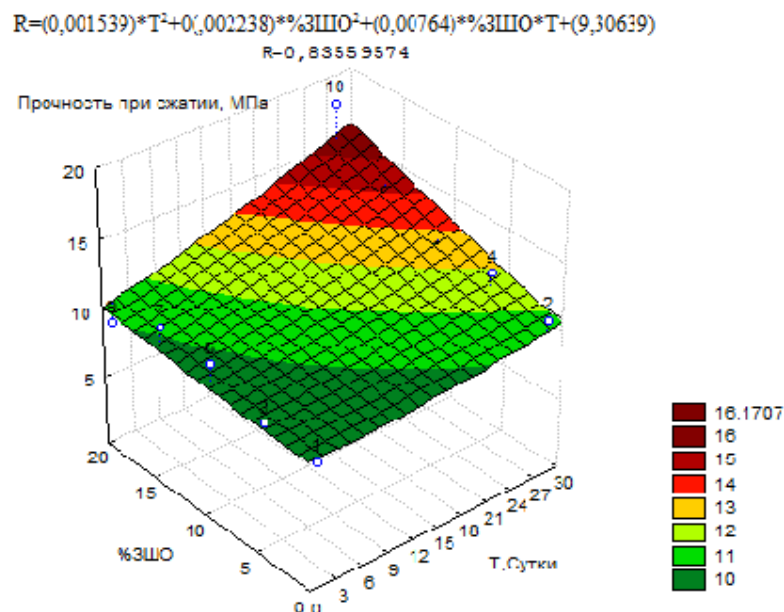


Рисунок 3 - Зависимость набора прочности от от замены ДГШ на ЗШО, % на образцах-балочках после ТВО и ТВО+28суток

Как видно из графика на рисунке 3, образцы-балочки различных составов, твердеющие при ТВО, на 1 сутки имеют незначительные расхождения в прочности на сжатие с контрольными образцами. Наибольшую прочность при сжатии показывают образцы с полной заменой ДГШ на ЗШО

Вывод: Частичная или полная замена ДГШ на кислые ЗШО при получении портландцемента ПЦ400 Д20 не ухудшает его прочностные характеристики, как при нормальных условиях твердения, так и при ТВО.

ГЕОПОЛИМЕРНЫЕ ЗОЛОСОДЕРЖАЩИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Бойков Д. В., Гужвина М. П. – студенты, Овчаренко Г.И. – д. т. н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Использование шлакощелочных вяжущих в альтернативе к обычному портландцементу ведется довольно давно. Шлакощелочные цементы придают бетонам не только прочность, но и большую паро- и водонепроницаемость, морозостойкость и жаростойкость, лучшую устойчивость к действию агрессивных сред. Все это позволяет считать их прогрессивными, высокоэффективными строительными материалами настоящего и будущего. Однако спрос на сырье для таких вяжущих так же возрастает и необходимо найти альтернативу ДГШ, в качестве которой могут служить композиции кислых ЗШО совместно с ВКЗ или портландцементом. Единственная энергоемкая операция при получении шлакощелочных вяжущих – помол гранулированных шлаков, помол КЗШО намного меньше, а помол ВКЗ вообще не требуется. Использование ЗШО более экономически эффективно, чем доменный шлак, так как требует меньших затрат на помол. И в то же самое время, технология получения шлакощелочных вяжущих не только энергосберегающая, но и ресурсосберегающая.

В работе использовались: ПЦ М400 Д20 Искитимского цементного завода, ВКЗ от сжигания бурых углей КАТЭКа на ТЭЦ №3 города Барнаула, с содержанием $\text{CaO}_{\text{откр}}=3,15\%$, $\text{CaO}_{\text{сумм}}=4,27\%$, КЗШО Барнаульской ТЭЦ №2, ДГШ Новокузнецкого металлургического завода.

В качестве предварительной обработки произведено гашение ВКЗ в автоклаве при 10 атмосферах в течение 4 часов, прокаливание кислых ЗШО при 800°C , с последующим помолом при энергии 50% Е (за 100% Е принимались затраты энергии на стандартный помол 95% портландцементного клинкера и 5% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), помол ДГШ при 150% Е. Испытания проводились на образцах кубиках размером $2 \times 2 \times 2$ см на 1, 3, 7 и 28 сутки нормального твердения и после ТВО (режим 3-6-3 ч. при 95°C).

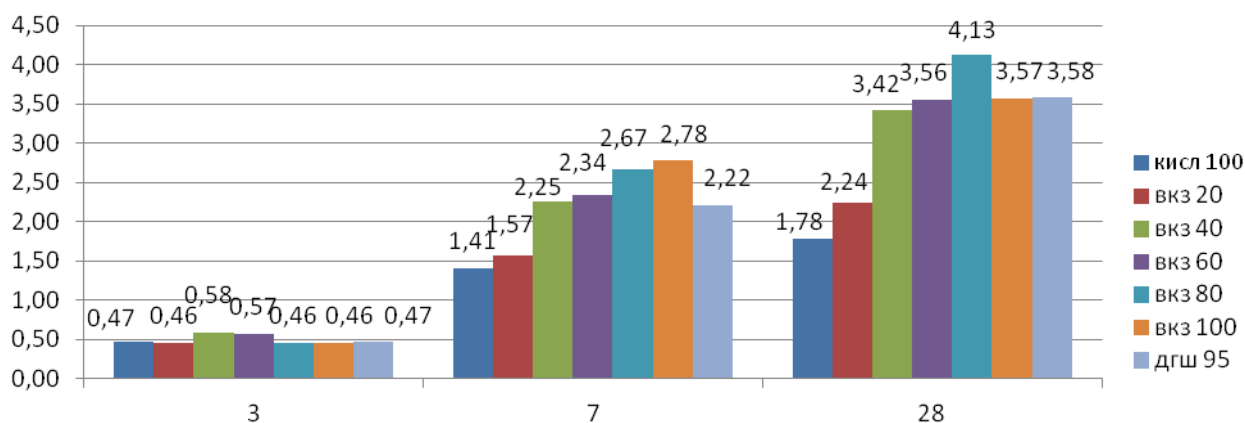


Рисунок 1 – Прочность составов в сравнении с контрольным, при твердении в НУ.

В первые сутки прочность образцов была нулевая, в третьи у всех составов были практически одни показатели, на 7 сутки мы можем наблюдать значительный прирост прочности составов и чем больше ВКЗ тем больше прочность. На 28 сутки прочность трех составов оказалось близка к прочности контрольного состава, а один ВКЗ 80+КЗШО 20 даже больше прочности контрольного.

$$R_{сж} = (-0,11e-3) * t^2 + (-0,01184) * C_{од.ВКЗ} + (0,746e-3) * t * C_{од.ВКЗ} + (0,012889) * t + (0,426082) * C_{од.ВКЗ} + (-0,81002)$$

$$R = 0,97958637$$

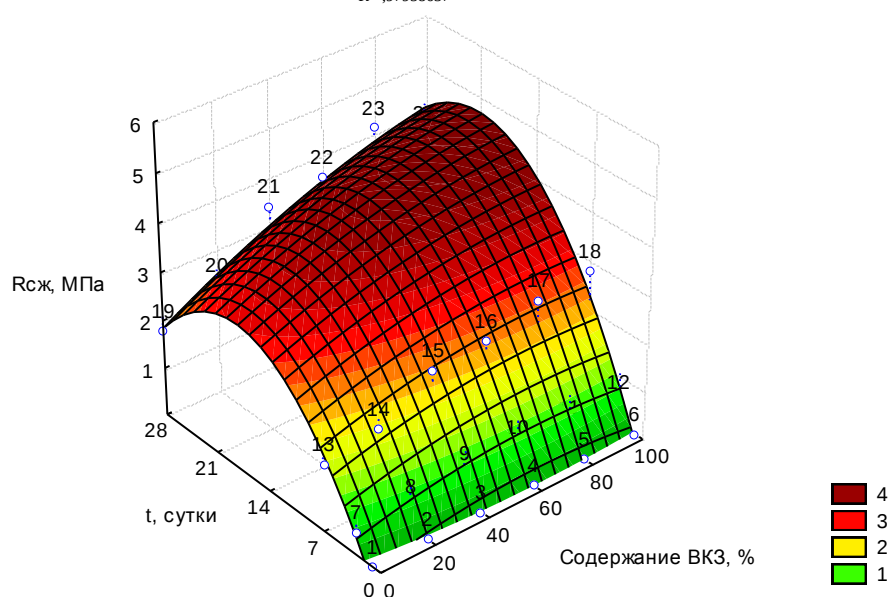


Рисунок 2 – Зависимость изменения прочности во времени от содержания ВКЗ в смеси с кислыми ЗШО

На данном рисунке мы наблюдаем прямо пропорционально возрастающую зависимость прочности при добавлении ВКЗ, то есть прочность возрастает, а добавление КЗШО не увеличивает прочность.

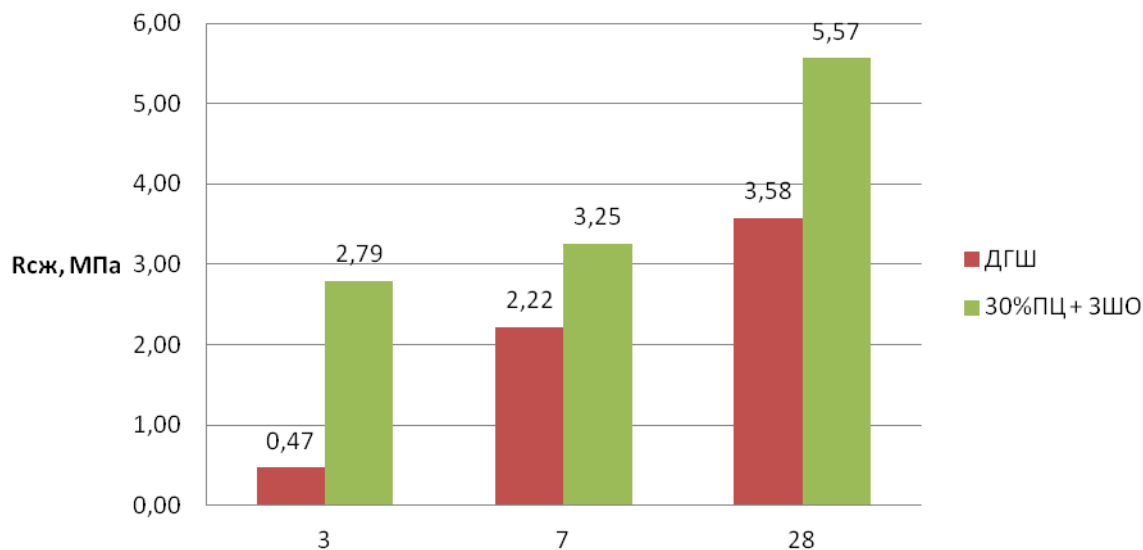


Рисунок 3 – Сравнение прочности состава 30% ПЦ+ЗШО с контрольным образцом.

Исходя из данных этого рисунка, можно сделать вывод, что данный состав дает прочность больше чем контроль.

Выводы по работе можно сделать следующие: составы показали прочность ниже, чем ожидалось, но в сравнении с контрольным составом была найдена альтернатива ДГШ – это составы ВКЗ 100, ВКЗ 80+КЗШО 20, ВКЗ 60+КЗШО 40, ВКЗ 40+КЗШО 60, а так же 30%ПЦ+ КЗШО.

ПРОПИТКА ТВЕРДЕВШИХ ЦЕМЕНТНЫХ ОБРАЗЦОВ РАСТВОРАМИ СОЛЕЙ И КОЛЛОИДОВ

Ушкало А. В. – студент, Овчаренко Г. И. – д.т.н., профессор

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

Микродефекты, многочисленные поры, капилляры образуются при изготовлении бетонных изделий и отрицательно влияют на прочность, а также строительно-технологические свойства цементного камня. Таким образом особую актуальность приобретает задача создания эффективной пропитки цементного камня, которая позволяет сохранить не только морозо-, атмосферо-, коррозионную стойкость, но и повысить их прочность. Целью данной работы является исследование влияния солей и коллоидов на прочность цементных образцов при поверхностном нанесении.

В работе применялись следующие сырьевые материалы: ПЦ М 400 Д 20 Искитимского цементного завода, испытание согласно стандартной методике по ГОСТ 10178-85; растворы солей нитрата натрия, хлорида кальция, сульфата алюминия, хлорида натрия, Na_2Cl_3 и коллоидов кремнезоль, жидкое стекло.

Образцы-кубики, размером 2*2 см изготовленные из цементного теста нормальной густоты подвергались тепловлажностной обработке по режиму 3-6-3 ч при температуре 600С. Кубики испытывают на прочность через 2 часа после ТВО.

В качестве пропитки образцов использовались растворы солей и коллоидов в количестве 2, 4, 6% от массы цементного образца. После пропитки образцы твердели в нормальных условиях и испытывались на прочность при сжатии на 3, 7, 28 сутки.

Таким образом, пропитка цементного камня NaNO_3 , AlSO_4 , кремнезоль значительно повышает его прочность. Это достигается посредством реакций, происходящих в капиллярной системе материала с образованием кристаллических структур, которые кольматируют поры и образуют общий каркас с пропиткой. Идет химическое взаимодействие активных реагентов со свободной известью (гидроксидом кальция) и капиллярной водой в бетоне. В результате свободная известь связывается в труднорастворимые гидросиликаты, гидроалюминаты и гидросульфалюминаты кальция.

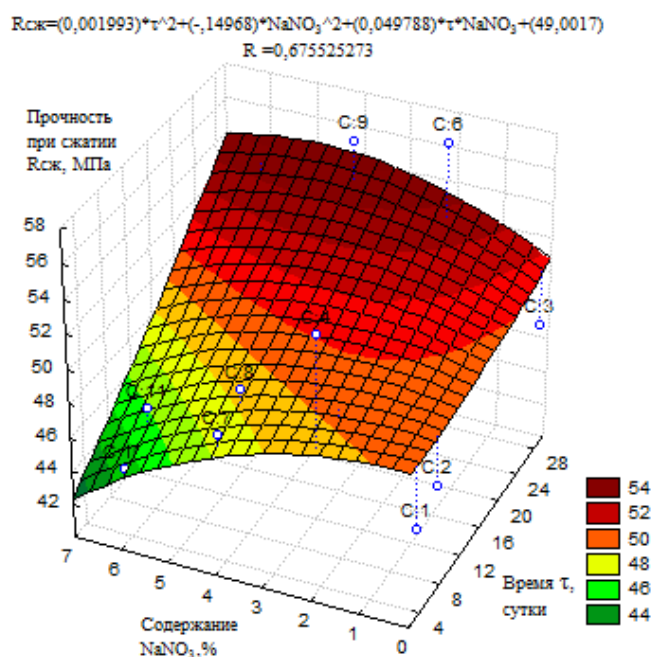


Рисунок 1 - Зависимость прочности при сжатии от количества пропитки NaNO_3 и времени твердения

Наиболее положительное влияние на прочность оказывает 2 % раствор соли, 28 суточная прочность на 21% больше контрольной. С увеличением пропитки прочность понижается, но остается больше контрольной на 19% при 4% растворе, на 6% при 6 %.

$$R_{сж} = (0,009419) \cdot \tau^2 + (-0,13646) \cdot \text{кремнезоль}^2 + (0,06197) \cdot \tau \cdot \text{кремнезоль} + (43,1128)$$

$$R = 0,870894728$$

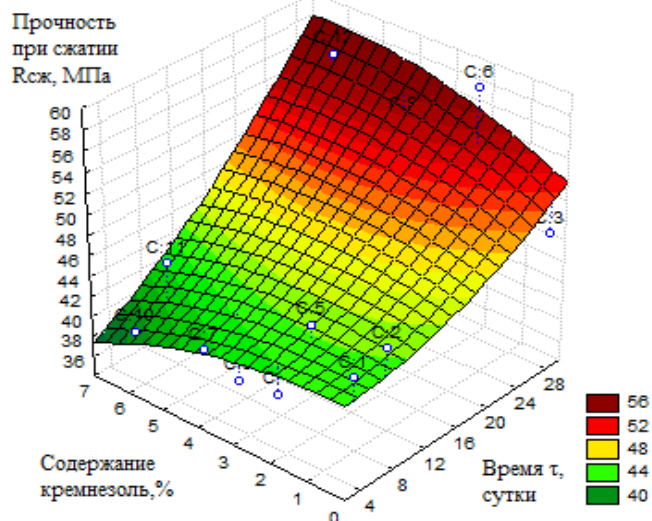


Рисунок 2 - Зависимость прочности при сжатии от количества пропитки кремнезоль и времени твердения

На ранних сроках твердения цементного камня увеличение пропитки кремнезоль отрицательно влияет на прочность. На более поздних сроках мы наблюдаем повышение прочности при увеличении количества пропитки, на 23% больше, чем у контрольного образца.

$$R_{сж} = (0,008264) \cdot \tau^2 + (-0,101867) \cdot \text{Al}_2\text{SO}_4^2 + (0,034511) \cdot \tau \cdot \text{Al}_2\text{SO}_4 + (45,8397)$$

$$R = 0,803128802$$

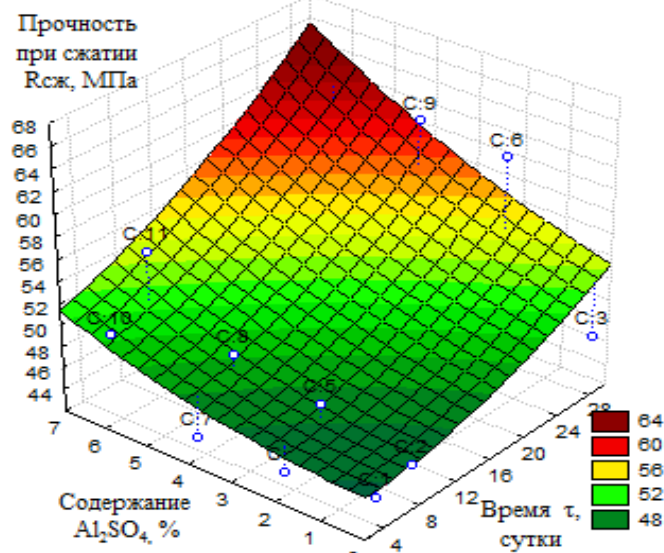


Рисунок 3 - Зависимость прочности при сжатии от количества пропитки $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и времени твердения

Увеличение количества добавки положительной влияет на прочность цементных образцов. Самое эффективное воздействие оказывает 4% раствор соли, прочность 28 суточного камня на 30 % превышает контрольную прочность образца.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

Штраух М.В., Неупокоев А. Н., Левченко А. А. – студенты, Буйко О.В. – к т. н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Большинство заводов ЖБИ при производстве тяжелого бетона используют химические добавки. Наиболее часто применяются добавки, снижающие количество воды затворения: пластификаторы, суперпластификаторы, гиперпластификаторы.

В настоящее время добавки фирмы Sika становятся все более популярными и захватывают всё большую долю рынка. Их супер- и гиперпластификаторы являются добавками нового поколения и разрабатываются на основе поликарбоксилатов.

В Алтайском крае наиболее популярны добавки в бетон фирмы Sika ViscoCrete 5-600, 5-800, T-100, Gold и т.д.

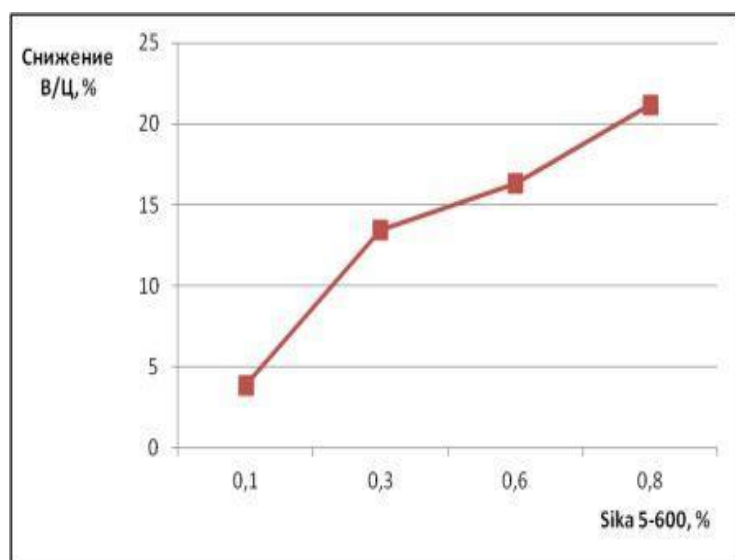


Рисунок 1 - Водоредуцирующий эффект на ПЦ составах с СП Sika 5-600

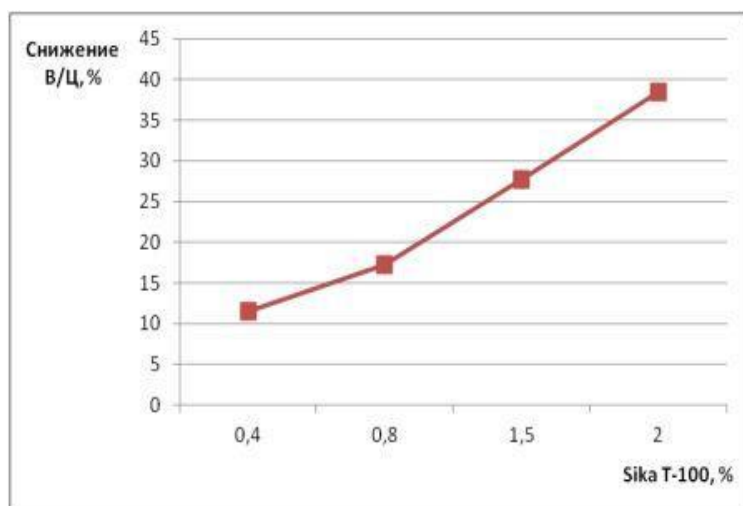


Рисунок 2 - Водоредуцирующий эффект на ПЦ составах с СП Sika T-100

Цель исследования - проведение сравнительного анализа добавок-суперпластификаторов.

Величину водоредуцирующего эффекта и влияние количества добавки на прочность ПЦ образцов 2х2х2 определялась для Sika ViscoCrete 5-600, T-100.

Образцы изготавливались из теста нормальной густоты на ПЦ М 400 Д20, г. Искитим. Твердение образцов происходило в ТВО при температуре изотермии 60 °С, режим 3ч + 6ч+3ч.

Испытания осуществлялись по истечении 2-х часов, с момента окончания цикла ТВО.

В рекомендованном процентном диапазоне количества добавки наблюдается водоредуцирование.

Рекомендованные дозировки исследованных добавок приводит к положительному водоредуцирующему эффекту: чем выше дозировка, тем выше процент снижения воды затворения.

Sika ViscoCrete T-100 показала больший пластифицирующий эффект: снижение количества воды затворения при её использовании достигает 38-39% (рисунок 1, 2).

Следует отметить, что для

достижения одинакового водоредуцирующего эффекта требуется разное количество добавок Sika ViscoCrete 5-600 и Sika ViscoCrete T-100 (снижение В/Ц), что особенно заметно при дозировках этих добавок от 0,1 до 0,8 %.

Добавка Sika ViscoCrete 5-600 увеличивает время сохранения подвижности бетонной смеси до 3-4 часов, следовательно, возможна блокировка гидратации на ранних стадиях твердения, что связано с быстротой гидратации ПЦ на ранних стадиях твердения (рисунки 3, 4).

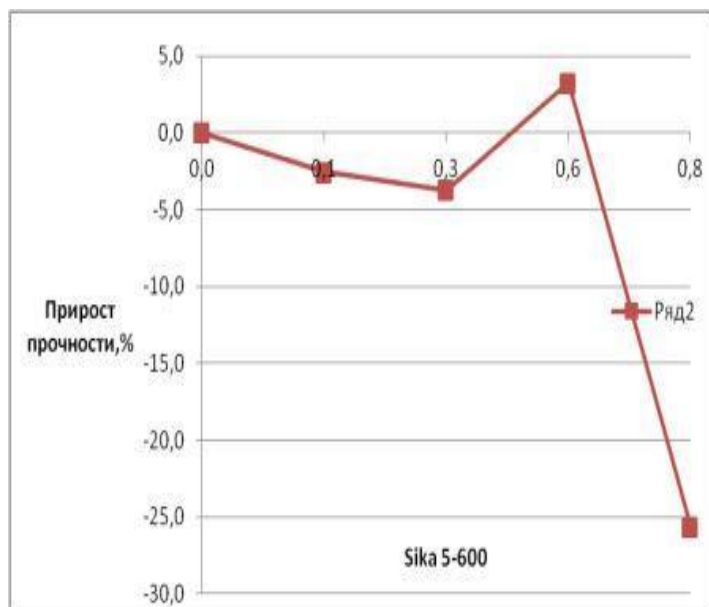


Рисунок 3 - Зависимость прочности образцов ПЦ при сжатии от дозировки СП Sika ViscoCrete 5-600

Вероятно, с этим связано снижение прочности ПЦ составов с Sika ViscoCrete 5-600 по сравнению с бездобавочными контрольными образцами. Чем больше дозировка Sika ViscoCrete 5-600, тем существеннее снижение прочности составов сразу после ТВО.

Sika ViscoCrete T-100 позиционируется как добавка обладающая эффектом быстрого набора начальной прочности, что и показали результаты эксперимента: отсутствие замедление гидратаций позволит ПЦ составам с данной добавкой увеличить значение прочности на 28-32% по сравнению с контролем.

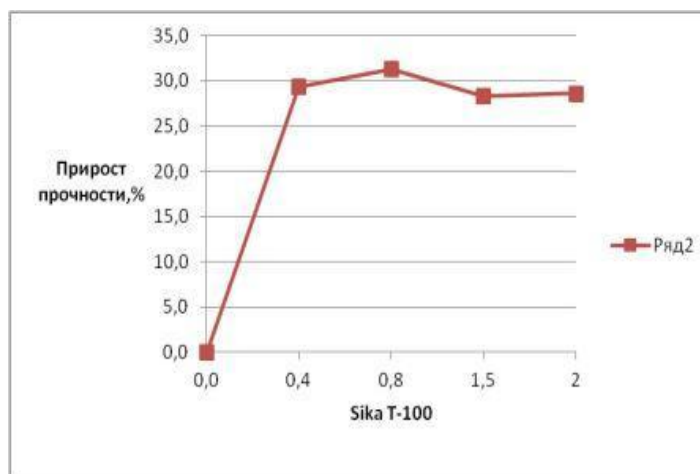


Рисунок 4 - Зависимость прочности образцов ПЦ при сжатии от дозировки СП Sika ViscoCrete T-100

Выводы:

1. Водоредуцирование тем выше, чем выше дозировка добавки.
2. Sika ViscoCrete 5-600 обладает блокирующим гидратацию эффектом, что отражается на значении прочности ПЦ композиции.
3. Sika ViscoCrete T-100 отсутствует блокировка гидратации поэтому наблюдается прирост прочности по сравнению с контролем на 28-32%.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЯЖУЩЕГО РЕОЛОГИЧЕСКОЙ МАТРИЦЫ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА

Неупокоев А.Н., Штраух М.В., Левченко А.А. – студенты, Буйко О.В. – д.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Микронаполнитель (МН) в самоуплотняющихся бетонах (СУБ) необходим для создания реологической матрицы. В классических составах СУБ в качестве МН используется каменная мука или молотый CaCO_3 . Замена инертного наполнителя на реакционно-способный компонент с высокой удельной поверхностью, возможно, позволит получить дополнительный прирост прочности СУБ и ускорит их твердение. Таким компонентом может служить буроугольная зола (БУЗ) ($S_{\text{уд}}=2900\text{--}3000\text{см}^2/\text{г.}$) и пыль ферросилиция ($S_{\text{уд}}=20000\text{ см}^2/\text{г.}$). Однако в настоящее время пыль ферросилиция или конденсированный микрокремнезем (МК) предлагается на рынок в гранулированном виде. Поэтому его использование без дополнительного помола малоэффективно.

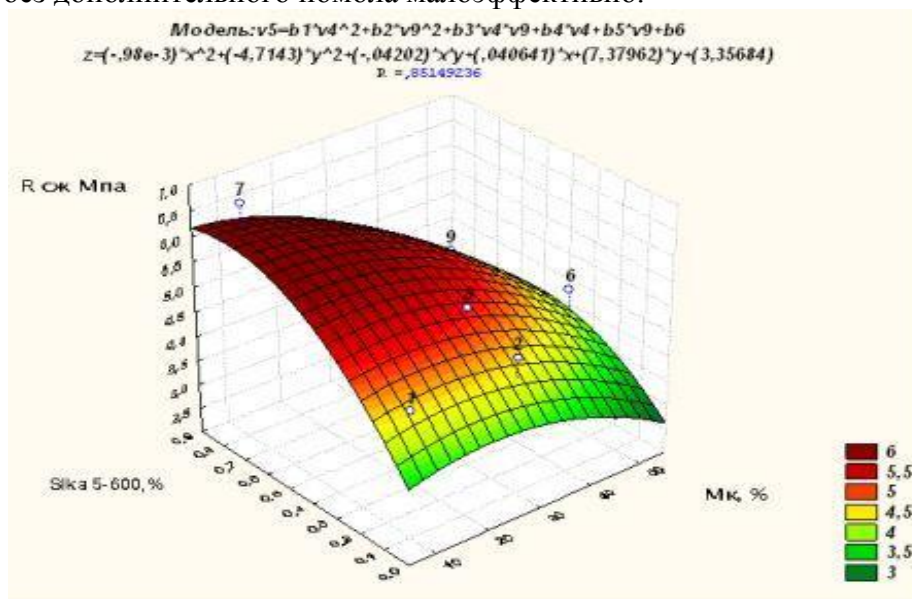


Рисунок 1 - Зависимость прочности на сжатие от дозировки МК и СП Sika 5-600

Целью данного эксперимента являлось получение и исследование свойств реологической матрицы на основе цементно-песчаного раствора с использованием БУЗ или молотого МК в качестве тонкодисперсной добавки.

Для изготовления образцов - балочек использовался фракционированный песок (фр. 1,25-12%, 1,00-26%, 0,5-34%, 0,16-20%, 0,08-8%), БУЗ ТЭЦ-3 ($\text{CaO}_{\text{отк}}=5\text{--}15\%$, остаток на сите 0,08 = 6,2 %, $S_{\text{уд}}=2103\text{см}^2/\text{г.}$); портландцемент М400Д 20, г. Искитим. Микронаполнитель вводился в исследуемые составы в количестве 10%, 30%, 50% от массы ПЦ с частичной его заменой. Конденсированный МК размалывался совместно с ПЦ М400Д20 в соотношении 1:1 при энергии помола 100%. Остаток на сите №008 размолотого материала составил 1,9 %. При этом фактическое содержание микрокремнезёма в растворной смеси составило 5,3%; 17,6%; 33,3% соответственно.

Раствор изготавливался по методике с рекомендациями японского профессора Окамура. Рекомендуемое для СУБ отношение вяжущего к песку составляет 1:1,14. Важным условием эксперимента было достижение каждым составом диаметра расплыва конуса Хегермана равным 30см. Твердение образцов происходило в условиях ТВО при температуре изотермии 60 °С, режим 3 ч + 6ч+ 3ч. Испытания образцов на прочность при изгибе и сжатии производились спустя 2 часа после ТВО, а также после дополнительного твердения в нормальных условиях.

Поскольку производство СУБ невозможно без применения пластифицирующих компонентов в работе применялись суперпластификаторы нового поколения фирмы Sika на основе поликарбоксилатов: Sika Visco Crete 5-600, и Sika Visco Crete T-100.

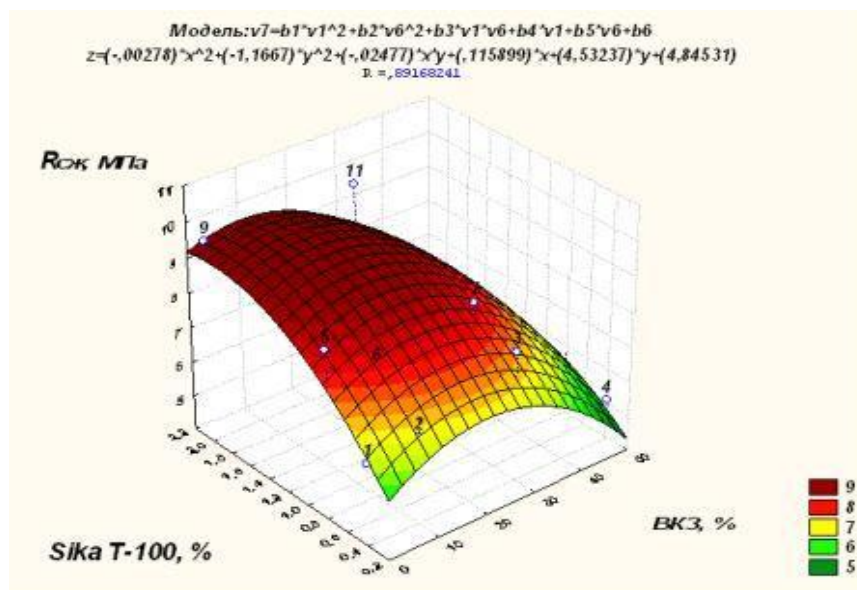


Рисунок 2 - Зависимость прочности на сжатие от дозировки ВКЗ и СП Sika T-100

Суперпластифицирующие добавки и АМД вносят свой вклад в изменение прочности растворных образцов, при этом, как показали результаты эксперимента, большую зависимость прочность имеет от дозировки пластифицирующего компонента, чем от вводимого активного микронаполнителя (рисунок 1, 2).

При использовании в качестве микронаполнителя БУЗ наблюдается оптимум её дозировки, при котором наблюдается максимальное значение прочности – 9,8МПа.

Наибольшая прочность наблюдается при использовании в качестве пластифицирующего компонента Sika ViscoCrete T-100: 30% БУЗ, R=9,8МПа, тогда, как при использовании Sika ViscoCrete 5-600 максимальное значение прочности R=6,46МПа, БУЗ 10%.

При использовании в качестве реакционно-способного микронаполнителя МК наблюдаются аналогичные зависимости прочности образцов от количества вводимого суперпластификатора и дозировки микронаполнителя.

Наибольшая прочность R=11,25МПа наблюдается при использовании пластификатора Sika ViscoCrete T-100 количестве МК 30%. Максимальная прочность образцов при использовании суперпластификатора Sika ViscoCrete 5-600 – R=6,7МПа.

Наблюдалось водоредуцирующее действие добавок на песчаных растворах с увеличением количества добавки уменьшается и количество воды затворения, за исключением составов с МК и добавкой Sika ViscoCrete 5-600. Наибольший водоредуцирующий эффект был замечен при использовании добавки Sika ViscoCrete T-100.

Выводы:

1. В растворных системах микронаполнители МК и БУЗ ведут себя практически одинаково, поэтому при использовании активных микронаполнителей с примерно равной удельной поверхностью нет принципиальной разницы в выборе их вида.
2. Поликарбоксилатные добавки – хорошие пластификаторы. Водоредуцирование повышается с увеличением дозировки.
3. Прирост прочности составов с пластификатором зависит не только от снижения В/Ц, но и от вида добавки.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ

Лукьяненко О., Ниязов А., Губина Е. А., Дисенов Д. А. - студенты
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Самоуплотняющийся бетон (далее - СУБ) – это бетон, который без воздействия на него дополнительной внешней уплотняющей энергии самостоятельно под воздействием собственной массы течёт, освобождается от содержащегося в нём воздуха и полностью заполняет пространство между арматурными стержнями и опалубкой. СУБ может содержать остаточный объём пор точно так же, как и вибрированный бетон. Он был разработан проф. Окамура в 1986 году. Важной составной частью СУБ является полимер нового поколения – поликарбоксилат – высокоэффективный комплексный химический модификатор, появившийся в 1990-х годах.

Принцип их работы заключается в том, что поликарбоксилаты адсорбируются на поверхности цементных зерен и сообщают им отрицательный заряд. В результате этого цементные зерна взаимно отталкиваются и приводят в движение цементный раствор, а также минеральные составляющие. Чем длиннее цепи, которые создают молекулы суперпластификатора, тем интенсивнее это отталкивание. Эффективность пластификации становится более высокой, а ее действие продлевается при постоянном перемешивании.

Свойства СУБ:

- Бетонная смесь для СУБ характеризуется низким водоцементным отношением 0,38...0,4, при этом достигая очень высокого показателя удобоукладываемости до 70 см.
- Прочность получаемого материала составляет до 100 МПа.
- Повышенная плотность материала, отсутствие в его структуре крупных пор и капилляров, препятствуют проникновению агрессивной среды вглубь бетона, снижая риск развития процессов коррозии.

Целью данного исследования является исследование свойств СУБ, в зависимости от вида и массы минеральной добавки (прочность при сжатии, распыл).

В работе использовались портландцемент Голухинского цементного завода марки М400 Д20. В качестве заполнителя применялись обской песок ($M_{кр}=1,2$), щебень фракции 5-15, отсеб фракции 0-5. В качестве минерального порошка были использованы следующие материалы: высококальциевая зола ТЭЦ-3 г. Барнаул, кислая зола ТЭЦ-5 г. Новосибирск, молотый щебень, молотый известняк, молотый ДГШ. Пластифицирующая добавка GLENIUM Sky 430 фирмы BASF.

Состав, используемый для замешивания, представлен в таблице 1, исходя из перерасчета на 7 литров.

Таблица 1 – Состав замеса самоуплотняющегося бетона

Наименование элемента состава	Масса, исходя из $V=1 \text{ м}^3$, кг	Масса, исходя из $V=7 \text{ л.}$, г.
Портландцемент	350	2450
Песок	340	2380
Минеральная добавка	160-230	1610
Отсев	500	3500
Щебень	700	4900
Вода	230	1610
Пластифицирующая добавка		34,3

После замешивания раствора все составы, кроме контрольного, проверяли на J-кольце, определяя распыл.

Испытания проводились на бетонных образцах с размером ребра 10x10x10 см. Они твердели при тепловлажностной обработке (ТВО) по режиму: 2 ч выдержка при $t=23^\circ\text{C}$ + 3ч подъем температуры до 80°C + 6 ч выдержка при температуре 80°C + 3 ч понижение

температуры до 23 °С при отключенном паре. Два из четырех кубов испытывают на прочность спустя два часа после ТВО, остальные - через дополнительные 28 суток нормального твердения после ТВО.

Суть исследования заключалась в изготовлении образцов из СУБ с различными дозировкой и видом минерального порошка.

После исследования на распыл стало понятно, что все виды заполнителя удовлетворяют требованиям по растеканию. Наилучший результат в этой дисциплине показал молотый щебень, но образцы, изготовленные с добавлением молотого щебня, не показывали заявленной проектной марки бетона М200, т.е. не выдерживали давления при сжатии, равном 20 МПа.

Наиболее прочный бетон получился при использовании кислой золы, но прочность образцов резко падает при расходе порошка более 210 кг/м³ (см. Рис.1). Но бетон, в приготовлении которого использовалась кислая зола, не показал столь же хороших результатов по распылу нежели образцы с молотым щебнем. После расформовки готовых образцов нередко встречались плохо уплотнённые участки, особенно места в углах формы.

После проведенных испытаний мы выяснили, что наиболее приемлемый результат в плане прочность/распыл/качество поверхности показал СУБ с использованием молотого доменного гранулированного шлака (ДГШ), этот состав удовлетворяет обеспечивает нужную марку и качественный распыл бетонной смеси. Готовые образцы имеют гладкую и ровную поверхность, бетонная смесь полностью заполняет все необходимое пространство внутри формы, исключая появление неуплотнённых участков.

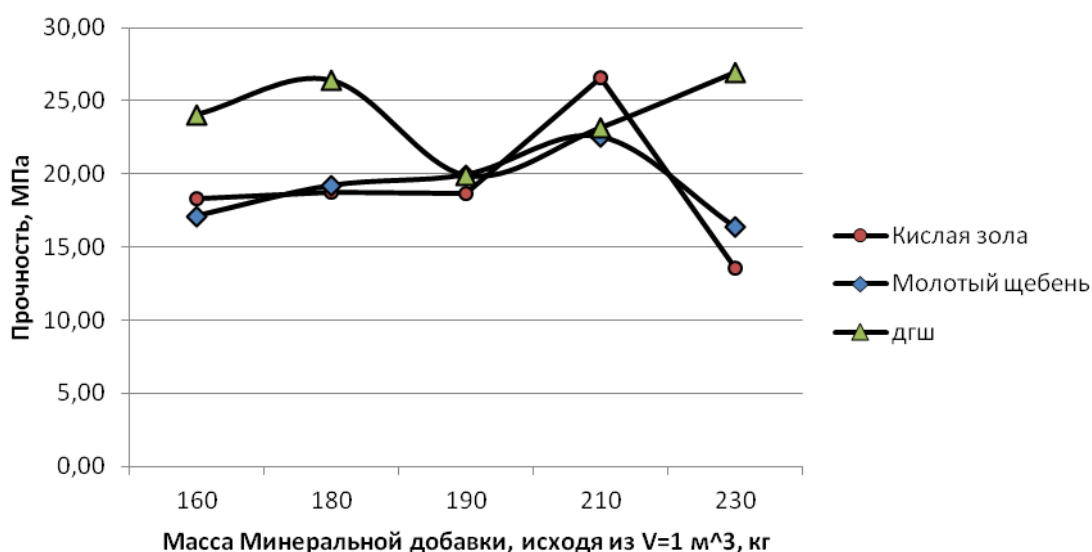


Рисунок 1 – Прочность Образцов СУБ с различными микрозаполнителями

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРОНИКАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ.

Лемешенко А. Г., Кондюрин И. О. –студенты, Вебер А. В. –руководитель
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

Бетонные и железобетонные конструкции дорожных сооружений эксплуатируются в агрессивных условиях и требуют составов бетонов повышенной долговечности. Несмотря на применение цемента нормированного состава и высоких требований к бетону по морозостойкости, коррозионностойкости и водонепроницаемости, срок службы железобетонных конструкций дорожных сооружений достаточно короткий.

Так на федеральной трассе М-52 при подходе к Барнаулу полосы встречного движения разделяют бетонные блоки, которые разрушаются в первые несколько лет эксплуатации за счет коррозии выщелачивания и воздействия знакопеременных температур. Подобное

относится и к железобетонным конструкциям мостов и виадуков, тротуарной плитке, бордюрам и пр.

Чтобы повысить стойкость конструкций применяют гидроизоляцию. Гидроизоляция представляет собой защиту строительных конструкций, зданий и сооружений от проникновения воды или материала сооружений от вредного воздействия омывающей или фильтрующей воды или другой агрессивной жидкости. Гидроизоляция обеспечивает нормальную эксплуатацию зданий, сооружений и оборудования, повышает их надёжность и долговечность. Выделяют следующие виды гидроизоляции: пропиточная, оклеечная, литая, окрасочная, монтируемая, засыпная.

В данной работе рассматривается влияние пропиточной гидроизоляции на водонепроницаемость бетона. Пропиточная гидроизоляция представляет раствор солей, которым обрабатываются защищаемые поверхности конструкций.

В ходе эксперимента для приготовления образцов – цилиндров диаметром 100 мм и высотой 50 мм использовался цементно-песчаный раствор 1:3. Подвижность раствора определялась стандартным конусом и составляла 5-6 см. После формовки образцы подвергались тепловлажностной обработки (ТВО) по режиму 3-6-3 ч. После ТВО образцы помещались в сушильный шкаф на одни сутки при температуре 50 °С, для испарения свободной воды находящейся в порах бетона. Для пропитки образцов приготавливался соляной раствор различных концентраций. Концентрация соли в растворе назначалась 1, 3, 5% от массы цемента в образце. После пропитки образцы хранили в герметичных пакетах до испытания. Образцы испытывали на 1, 3, 7, 28 суток. На каждое испытание приходилось по два образца. Испытания проводили на установке (рисунок 1), которая состоит из кондуктора, гидравлического данкрата, манометра.



Рисунок 1 - Установка для определения водонепроницаемости

Для испытания бетона на водонепроницаемость образец зажимался между пластинами кондуктора обработанной поверхностью к отверстию подачи воды. Давление повышалось по 1 атм с выдержкой на каждой ступени по одной минуте до появления признаков фильтрации в виде капель или мокрых пятен. За значение водонепроницаемости принималось наибольшее давление, при котором не наблюдалось признаков фильтрации. Результаты опыта приведены в таблице (таблица 1) и наглядно продемонстрированы на графике (рисунок 2).

Таблица 1 Водонепроницаемость цементно-песчаных образцов

Водонепроницаемость (W), атм				
Время твердения, сутки	Содержание NaCl в растворе от массы цемента			
	1%	3%	5%	0% - Контроль
1	3	4	5	2
3	5	7	9	3
7	4	7	10	3
28	7	8	12	4

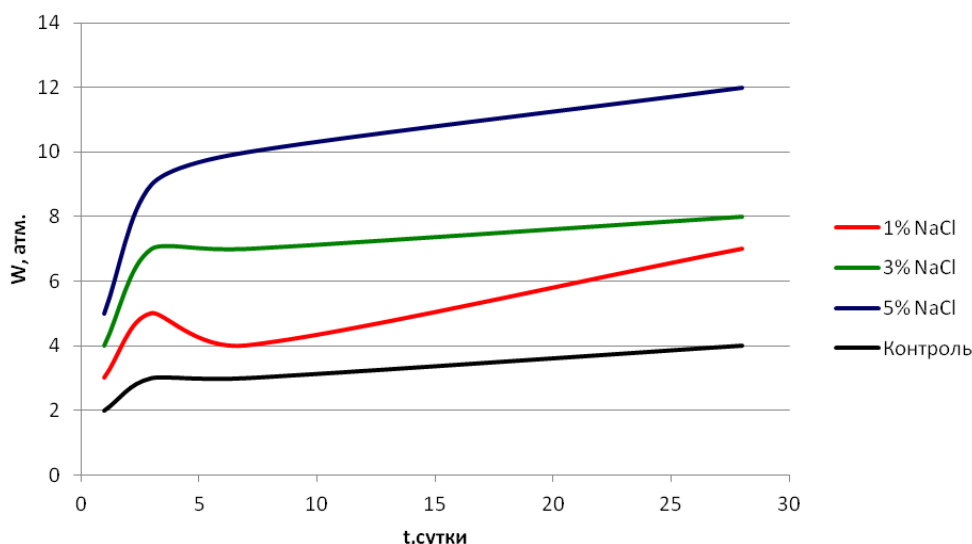
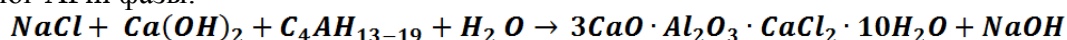


Рисунок 2 - Зависимость водонепроницаемости (W) от времени твердения (t)

По результатам можно сделать выводы, что пропитка раствором NaCl концентрациями 1-5%, увеличивает водонепроницаемость образцов в 1,5 - 3 раза, по сравнению с непропитанными образцами, водонепроницаемость образцов пропорциональна времени твердения. Подобное увеличение водонепроницаемости можно объяснить кальматацией пор бетона продуктами химического взаимодействия NaCl с минералами цементного камня. В результате взаимодействия образуется комплексная соль - гидрохлороалюминат кальция, аналог AFm фазы:



В бетоне имеет место зависимость прочностных и эксплуатационных свойств от пористости. То есть, увеличение водонепроницаемости и уменьшение пористости материала способствует увеличению прочности и морозостойкости и как следствие – долговечности.

Таким образом, применение пропиточной гидроизоляции способствует увеличению долговечности дорожных конструкций, а простота и дешевизна данной гидроизоляции позволяет применять её повсеместно и в больших объемах.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

Михайленко А. А., Орлянский К. В. – студенты, Гильмияров Д. И., Фок Н. А. –
аспиранты, Овчаренко Г. И. - д.т.н., профессор

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

Одна из важнейших задач современного общества – это проблема охраны природы. Решение этой проблемы невозможно без рационального использования техногенного минерального сырья [1]. Сегодня в России действует 179 ТЭС на угольном топливе (около 30 процентов всех мощностей ТЭС). Золошлаковые отвалы на многих электростанциях переполнены. В настоящее время, по данным ЗАО «АПБЭ», в электроэнергетической отрасли утилизируется и используется только 10 процентов золошлаков (около 2,5 миллиона в год). Еще 22,5 миллиона тонн ЗШО ежегодно размещается в золоотвалах ТЭС в дополнение к накопленным ранее 1,5 миллиарда тонн [2].

Исследования показывают, что использование кислых золошлаков без их предварительной переработки нецелесообразно, так как это не приводит к получению высоких строительно-технических свойств кирпича. Одним из главных свойств золошлаков, препятствующих их использованию без дополнительных технологических переделов,

является наличие в них частиц несгоревшего угля. Это связано, в первую очередь, с качеством используемого на ТЭС угля и моральным и физическим износом основного оборудования для сжигания топлива. Несгоревший уголь, как показывают многие эксперименты, отрицательно влияет на свойства золосиликатного кирпича – снижает марку по прочности и уменьшает число циклов морозостойкости. В связи с этим, одним из важных способов обработки золошлаков в производстве кирпича является их дожигание в котле кипящего слоя для полного удаления частиц несгоревшего топлива.

Однако, принцип работы котла кипящего слоя не позволяет обжигать в нём такой мелкодисперсный материал как золошлаковые отходы. Частицы золы будут попадать в пустоты между топливом печи и будут препятствовать свободному доступу кислорода, необходимого для горения. В связи с этим, достаточно остро встал вопрос о гранулировании золошлаков с целью получения крупных частиц диаметром 3-5 мм.

Целью исследования является оценка эффективности использования различных добавок для грануляции ЗШО, а также оценивание их влияние на прочностные характеристики кирпича. В работе использовались следующие сырьевые материалы: золошлаковые отходы из отвала ТЭЦ-2 г. Барнаула, молотая известь предприятия ЗАО «Завод ячеистых бетонов» с содержанием активных CaO и MgO – 60,84 %, глина Мамонтовского месторождения, уголь каменный Кузбасского месторождения, жидкое стекло $\text{Na}_2\text{O} \cdot (\text{SiO}_2)_n$.

Уголь был предварительно измельчён в шаровой мельнице до остатка на сите №008, равном 35,06 %. Глинистое сырьё было подвергнуто измельчению в бегунах в течение 30 минут. Уголь вводился в количестве 15 % от массы ЗШО. Известь – 3, 6 и 9 %, глина – 5, 10 и 15 %, жидкое стекло – 1, 3 и 5 %. Составы, содержащие известь, подвергались силосованию в сушильных шкафах при температуре 60 °С в течение 2-х часов.

Золошлаки и добавки перемешивались, увлажнялись до нормальной формовочной влажности (15 – 20 %). Далее из них формовались образцы цилиндрической формы высотой 50 мм и диаметром 50 мм при различном удельном давлении: 10, 15 и 20 МПа. Для каждого состава изготавливалось по 9 образцов: 3 образца испытывались сразу после формования, другие 3 образца подвергались сушке в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 100 °С, а остальные 3 образца подвергались обжигу в муфельной печи в течение 4 часов при температуре 800 °С. Скорость набора температуры – 5 °/мин. Далее остывшие образцы после сушки и обжига, так же как и свежесформованные, испытывались на гидравлическом прессе при равномерной подаче нагрузки.

В результате эксперимента было установлено, что на прочность образцов влияет как процентное содержание добавок, так и удельное давление прессования. Практически во всех составах наблюдается прямая пропорциональность между прочностью и процентным содержанием добавки и величиной удельного давления прессования. Максимальную прочность показывают образцы, содержащие известь, особенно это проявляется в образцах после сушки и после обжига. На рисунке 1 показаны прочностные характеристики образцов после обжига с различными добавками.

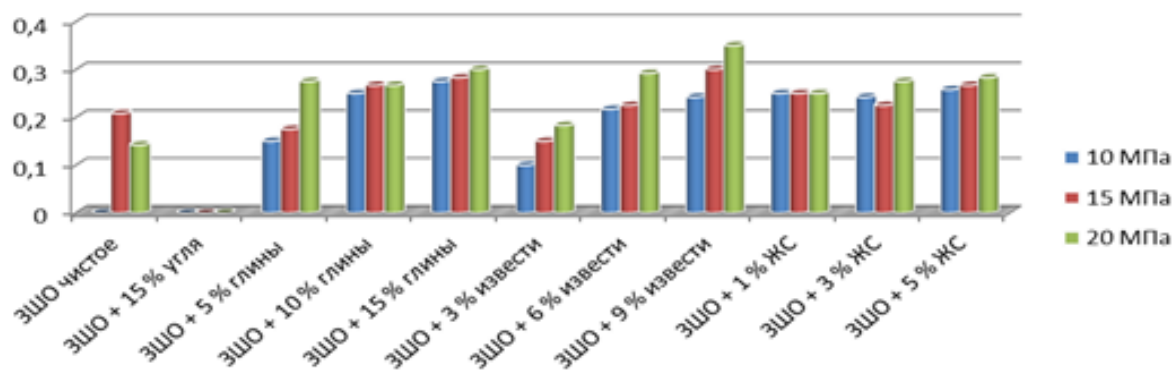


Рисунок 1 – Зависимость прочности образцов после обжига от удельного давления прессования и содержания добавки

Также хорошие результаты после формовки и после сушки показывают образцы с добавлением глины. Золошлаки с 15 % угля и без добавок показывают самые низкие результаты. Образцы, содержащие жидкое стекло, обеспечивают прочность, достаточную для грануляции, однако применение жидкого стекла в производстве золосиликатного кирпича приводит к увеличению себестоимости.

Предварительные результаты показывали, что известь является наиболее эффективной добавкой для грануляции. Это наилучшим образом подходило под технологию золосиликатного кирпича, так как известь используется в нём в качестве вяжущего вещества. Грануляция известью позволила бы упростить технологию получения золосиликатного кирпича и уменьшить время и затраты на его производство.

Однако, в ходе дальнейших исследований, было установлено, что образцы, полученные из совместно обожжённой смеси золы и извести показывают прочность на порядок ниже, чем образцы, полученные из смеси отдельно обожжённой золы и извести. Это можно объяснить тем, что известь, в процессе совместного обжига с золой, карбонизируется CO_2 , выделяющимся при дожигании золошлаков, в виду чего образуется CaCO_3 , не способный образовывать гидросиликаты при автоклавной обработке.

В результате проведённого эксперимента можно сделать вывод о том, что самой эффективной добавкой для грануляции золошлаков является глина. Глина показывает 2-ые по величине, после извести, значения прочности, однако не может так существенно снижать прочность золосиликатного кирпича. Наиболее оптимальным содержанием глины в ЗШО, достаточным для грануляции, является 10 %.

На рисунке 2 показана зависимость прочности образцов после обжига с добавлением глины от процентного содержания добавки и удельного давления прессования. На данном рисунке также видно, что с увеличением удельного давления прессования и %-ного содержания глины, прочность образцов увеличивается.

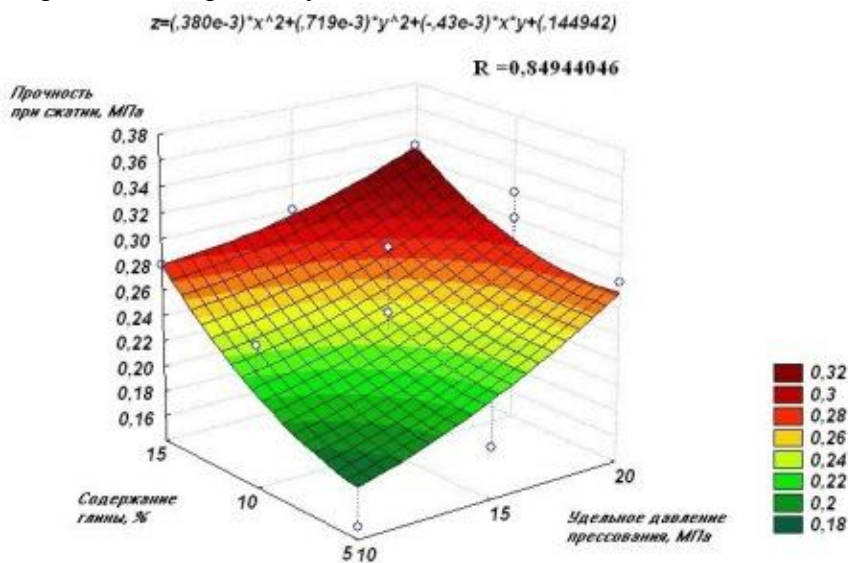


Рисунок 2 – Зависимость прочности образцов после обжига с добавлением глины от содержания добавки и удельного давления прессования

Из минусов использования глины как добавки для грануляции стоит отметить необходимость разработки и устройства дополнительной технологической линии для переработки, сушки и измельчения глинистого сырья.

Список литературы:

1. Шеляхин, И.В. Перспективы использования топливных зол и шлаков в производстве силикатного кирпича / И.В. Шеляхин [текст] // Строительные материалы, 1994, №5
2. Мариничева, О. Применение золошлаков сделают выгодным / О. Мариничева [текст] // Энергетика и промышленность России, 2011, №09

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА С КОМПЕНСИРОВАННОЙ УСАДКОЙ

Свидинский В.А., Каширина О.П. – студенты, Козлова В.К. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При твердении, а так же эксплуатации изделий на цементной основе наблюдается такое отрицательное явление, как усадка, выражающаяся в уменьшении внешнего объёма твердеющего цемента. У цементного камня, твердевшего на воздухе в течении 5 лет, она составит до 3 мм на 1 м. Для бетонов – примерно 0,2 – 0,4 мм/м в течение года. Усадка увеличивается пропорционально логарифму времени. Впоследствии, она ведёт к появлению трещин, а в результате к уменьшению прочности и долговечности изделий. На это явление может влиять множество факторов. Усадочные деформации бетона и цементных растворов и причины, их вызывающие, изучались многими зарубежными и отечественными исследователями. Однако до сих пор природа этого явления не выяснена, хотя многие факторы, влияющие на величину усадки и набухания цементного камня и бетона уже достаточно хорошо известны.

И. В. Кравченко, систематизировав представления многих ученых о явлении усадки, выделяет 3 вида усадки: физическая, химическая и термическая.

Физическая усадка вызвана, в первую очередь, избытком воды затворения, постепенно испаряющейся из бетона и цементного камня. Этот процесс происходит медленно, причём сначала вода будет испаряться из крупных полостей и пор, а затем из капилляров всё меньшего диаметра. Внешние слои будут терять влагу быстрее, чем внутренние. Испаряться вода будет до того момента, когда установится равновесие между содержанием влаги в образце и в окружающей среде (относительная влажность).

Процессы, происходящие при усадке на молекулярном уровне, называют химической усадкой. Гидраты, образующиеся при затворении портландцемента водой, занимают меньший объём, чем сумма объёмов безводных соединений и воды. По данным Ле Шателье объём каждых 4 г свободной воды при химическом связывании уменьшается на 1 см³, а уменьшение истинного объёма системы «цемент + вода» составляет 4 - 5 см³ на 100 г ПЦ.

К химической усадке, также относят явление контракции (стяжения), которая отражает характер гидратации и твердения минеральных вяжущих, когда при возникновении гидратов образуется более плотное расположение атомов.

А. В. Волженский и О. П. Мчедлов – Петросян приводят данные А. Шейкина, согласно которым, усадка зависит от соотношения кристаллических и гелевидных частиц: чем больше гелевидных частиц, тем больше конструкция предрасположена к усадке.

Термическая усадка вызвана постепенным охлаждением бетона, при уменьшении скорости тепловыделения.

Различие в усадке за счёт применения различных сортов цемента может достигать 50 %. Так быстротвердеющий цемент даёт усадку примерно на 10 % большую, чем обычный цемент, для пуццоланового портландцемента также характерна большая усадка. Но наибольшая усадка характерна для высокопрочных цемента.

Чем выше содержание в цементе C₃A, тем больше расширение раствора в воде, что связано с образованием большего количества крупнокристаллических продуктов гидратации портландцемента, уменьшающих усадочные деформации. Чем выше содержание C₂S, тем больше усадка раствора на воздухе и меньше его растворение в воде.

Усадка цементного камня тем больше, чем дисперснее цемент. Но это справедливо лишь для начальных сроков твердения (до 1 – 2 месяцев). При дальнейшем же твердении показатели усадки обычно выравниваются.

Физико-химическая природа увеличения объёма цементного камня при твердении расширяющихся цементов всё ещё остаётся неясной, несмотря на большое число предложенных гипотез.

По мнению многих ученых основная причина увеличения объёма цементного камня при гидратации расширяющегося цемента - образование высокодисперсных частиц гидросульфоалюмината кальция.

Кроме сульфоалюминатных гипотез расширяемости были предложены и другие. К ним, в частности относятся гипотеза о расширении цементного камня под действием осмотических сил и так называемая «сольватная» гипотеза Сиверцева. Сольватная гипотеза сводится к следующему: рассматривая сольватные оболочки вокруг гидратирующихся зерен как «твердую фазу», автор считает, что причиной расширения является утолщение водных плёнок в процессе гидратации, что в условиях ограниченного свободного пространства приводит к раздвиганию сольватированных частичек, т. е. к расширению.

В настоящее время известно более 50 видов расширяющихся и безусадочных цемента. По виду применяемой в них расширяющейся добавки их можно классифицировать на 3 вида:

- цементы на сульфоалюминатной основе;
- цементы на базе гидратов некоторых щелочноземельных металлов (кальция и магния);
- цементы, расширение которых происходит за счёт присутствия в их составе и составе затворителя веществ, образующих газовую фазу, вызывающую расширение цемента.

Наибольшее распространение получили цементы на основе глинозёмистого или портландского цемента с применением расширяющих добавок.

Глинозёмистый цемент более предпочтителен для применения в качестве основы расширяющихся и безусадочных цемента, так как он содержит значительное количество алюминатов и обеспечивает быстрое нарастание прочности. Но не смотря на все его положительные свойства, его применение не выгодно из-за дефицитности и дороговизны этого вяжущего. Поэтому на практике более распространён способ получения безусадочных цемента на основе портландцемента с добавлением расширяющих добавок при помоле.

Наиболее распространённые добавки для получения безусадочного портландцемента – это оксиды кальция и магния, а так же сульфоалюминат кальция.

Сульфоалюминатный клинкер может быть получен из смеси известняка, гипса и боксита обжигом при температуре 1350 °С.

Описана технология получения безусадочного цемента с сульфоалюминатной добавкой. Эта добавка получается при температуре обжига 1000 °С смеси фосфогипса, мела и глины, оптимальное её содержание для получения безусадочного цемента составляет 15 %. При этом наблюдается стабильное расширение цементной композиции как при совместном помоле клинкера, природного гипса и добавки, так и при сухом смешивании, что позволяет вводить её в молотом виде, непосредственно в бетонную смесь.

Целью наших исследований являлось получение портландцемента с компенсированной усадкой. В качестве расширяющей добавки предлагается использовать шлаки КВЦ – 70Б и КВЦ – 75. Данные материалы являются ценным побочным продуктом алюминотермического производства хрома и имеют широкое применение для производства высокоглинозёмистого цемента. Минеральный (фазовый) состав в основном представлен следующими фазами: $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ (бонит). Процентное соотношение этих фаз определяет способность шлаков в чистом виде к схватыванию. Химический состав: Al_2O_3 – 68...75%, CaO – 17, 6...22% и примеси в виде FeO , SiO_2 , MgO , Cr_2O_3 , Ti_2O_3 .

Изначально было установлено, что шлак КВЦ – 75 (несхватывающийся) в чистом виде не имеет способности схватываться, но в присутствии 5 % портландцемента от массы шлака, конец схватывания наступает через 10 минут. Конец схватывания шлака КВЦ – 70Б (быстросхватывающийся) наступает в течении 8 минут. Поэтому основной задачей являлось выявление механизма, позволяющего регулировать сроки схватывания составов на основе данных добавок.

Нами было установлено, что двуводный гипсовый камень в количестве 30 % от массы шлака КВЦ – 70Б замедляет его сроки схватывания. В этом случае начало схватывания наступает через 45 минут.

Так же было установлено, что доломит является замедлителем схватывания для КВЦ – 75 и КВЦ – 70Б. Однако в присутствии портландцемента раствор теряет пластичность уже через 3 – 5 минут, наступает ложное схватывание. Во избежание этого планируется испытание тех же составов с добавлением пластифицирующей добавки С-3.

На данный момент можно сказать, что лишь один состав на основе портландцемента (65 %), шлака КВЦ – 70Б (20 %) и гипса (15 %) даёт положительный результат, то есть отличается нормальными сроками схватывания (начало схватывания – 35 минут).

НАПРЯГАЮЩИЕ ЦЕМЕНТНОЗОЛЬНЫЕ БЕТОНЫ

Брыкина Л. С., Гаин О. А. – студенты, Вебер А. В. – магистрант, Овчаренко Г. И. – д.т.н., профессор

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

Современные железобетонные конструкции (ЖБК) обладают множеством достоинств – они долговечны, огнестойки, технологичны, выносливы, имеют высокую прочность, жесткость и дешевле стальных конструкций.

Отличительной особенностью железобетона является большая разность, в несколько десятков раз, предельных деформаций стали и бетона при растяжении. Подобное явление обуславливает применение напрягаемой арматуры в изгибаемых и растянутых элементах конструкций. Предварительно напряженные железобетонные конструкции получили широкое распространение во всех отраслях строительства, ввиду их большей жесткости, выносливости, трещиностойкости, прочности, уменьшенного расхода стали за счет применения напрягаемой арматуры высоких марок, по сравнению с ненапряженными ЖБК [1].

Создание натяжения арматуры в классической заводской технологии производства ЖБК осуществляется: перед бетонированием конструкции – натяжением на упоры механическим, электротермическим или комбинированным способом (преднапряженные), после бетонирования конструкции – натяжением на бетон механическим способом (постнапряженные).

Подобная технология трудоемка, неосуществима без соответствующего оборудования по натяжению арматуры, требует определенных навыков и культуры производства от персонала, накладывает определенные ограничения на расположение напрягаемой арматуры (прямолинейное, сквозное), что в большинстве случаев создает одноосное напряженное состояние конструкции. Усадка и ползучесть бетона существенно уменьшают напряжения в арматуре, что не позволяет в полной мере использовать прочностные свойства стали. В монолитном строительстве создание напряжения в арматуре подобными методами проблематично.

В качестве альтернативного способа создания напряжения в арматуре является применение напрягающего бетона. Использование самонапряжения в бетонах позволяет напрягать арматуру во всех направлениях, как в сборных, так и в монолитных конструкциях, компенсировать деформации усадки и ползучести, проектировать новые типы конструкций, в том числе предсамонапряженные, с двух- и трехосным напряжением, с улучшенными деформативными, прочностными, эксплуатационными свойствами.

Однако, высокая стоимость глиноземистого цемента в составе напрягающего цемента, особенности проектирования и производства, скептическое отношение инженеров к самонапряженным ЖБК оставили данную технологию невостребованной.

Одним из недорогих и доступных сырьевых материалов, способных сыграть роль расширяющей добавки в напрягающих бетонах является высококальцевая зола (ВКЗ) ТЭЦ [2]. Однако при оценке степени самонапряжения золосодержащих бетонов необходимо учитывать постоянно изменяющийся состав ВКЗ.

Целью исследования является разработка составов экономичных напрягающих бетонов на основе буроугольных (высококальциевых) зол и изучение влияния самонапряжения на свойства ЖБК.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Выявить зависимости величин самонапряжения и прочности бетона от свойств ВКЗ путем оценки статистических данных.
2. Оценить влияние добавки строительного гипса на величину самонапряжения бетона.
3. Решить прикладные задачи по применению напрягающих бетонов в строительстве на основе типовых ЖБК.

В работе применялись следующие сырьевые материалы отвечающие требованиям нормативных документов: портландцемент Голухинского цементного завода М 400 Д 20 (ГОСТ 310.1-76, ГОСТ 310.2-76, ГОСТ 310.3-76, ГОСТ 310.4-81); щебень из гравия масальского, Неверовского или Шульгинского карьеров (ГОСТ 8269.0-97); песок речной обской (ГОСТ 8735-88); ВКЗ барнаульской ТЭЦ-3; суперпластификаторы Реламикс – М (ТУ 5870-002-14153664-04) и Sika ViscoCrete 5 – 800 (ТУ 2493-002-13613997-2007); гипс строительный Г – 5 (ГОСТ 23789-79); вода (ГОСТ 23732 – 79).

Производились оценки следующих свойств золы (таблица 1): критерия ΔT – экзотермический эффект ранней гидратации ВКЗ, тонкости помола по остатку на сите № 008, удельной поверхности, нормальной густоты зольного теста, сроков схватывания, потерь при прокаливании, количества свободного (открытого и закрытого) оксида кальция (этило-сахаратный метод). Количество свободного закрытого СаО ($\text{СаО}_{\text{закр}}$) определялось после помола золы до полного прохождения через сито № 008.

Таблица 1 – Исследование свойств золы

№ пробы	ТНГ, %	Остаток на сите №008, %	$S_{\text{уд}}$, $\text{см}^2/\text{г}$	Сроки схватывания, мин		Содержание свободного СаО, %			ΔT , °С	ППП, %
				начало	конец	открытый	закрытый	суммарный		
1 (2)	25,0	6,8	3700	13	16	5,8	0,5	6,3	7,5	5,9
2 (4)	26,7	7,8	3600	12	19	5,7	1,1	6,8	7,0	6,3
3 (5)	30,0	11,8	4350	11	45	6,8	1,5	8,3	8,0	9,2
4 (6)	26,7	7,0	3850	13	24	9,3	1,8	11,1	7,0	6,3
5 (7)	26,7	5,0	3800	14	35	6,0	0,5	6,5	6,0	5,5
6 (8)	30,0	8,5	3350	30	135	4,4	-	4,4	6,0	7,6
7 (9)	24,0	10,4	1950	20	50	3,6	0,3	3,9	4,5	4,7

Самонапряжение измерялось в металлических кондукторах на образцах – призмах размером 50×50×200 [3]. В качестве контрольных составов тяжелых бетонов были выбраны бетоны марок М 400 и М 600. В эти составы вводилась расширяющаяся добавка в виде ВКЗ, заменяющая часть инертного заполнителя, в количестве 50, 100 и 150 % от массы цемента. Кроме того, исследовались те же составы, но с 10 % добавкой строительного гипса от массы цемента. На каждое испытание приходилось три кондуктора.

Измерение разности деформаций кондукторов производились на индикаторе часового типа ИЧ-10, непосредственно до тепловлажностной обработке (ТВО) и после; показания снимались при комнатной температуре образцов в одном помещении.

ТВО проводили по режиму: 3 часа предварительной выдержки, 3 часа подъем температуры до 60 °С, 3 часа изотермической выдержки и 8 часов остывание до температуры 30 °С.

Величина самонапряжения образца σ_{sp} , $\text{кгс}/\text{см}^2$, определяется по формуле [3]:

$$\sigma_{sp} = \Delta \cdot \mu_{np} \cdot E_{cm} / l_{обр},$$

где Δ и $l_{обр}$ – соответственно полная деформация образца в процессе самонапряжения бетона и его длина;

μ_{np} – приведенный коэффициент армирования образца, принимаемый равным 0,01;

E_{cm} – модуль упругости стали кондуктора, принимаемый равным 200000 МПа.

Было установлено, что наибольшее самонапряжение после ТВО развивается при содержании $\text{CaO}_{\text{закр}}$ 1,0-1,2 % (рисунок 1), однако в процессе дальнейшего твердения самонапряжение пропорционально количеству $\text{CaO}_{\text{закр}}$. Увеличение содержания ВКЗ, ведет к росту самонапряжения, но отрицательно сказывается на удобоукладываемости и живучести бетонной смеси. Введение гипса увеличивает самонапряжение на 80 %, в зависимости от содержания $\text{CaO}_{\text{своб}}$, по сравнению с тем же составом без гипса (рисунок 2).

Самонапряжение напрягающих составов на основе бетона марки М 600 превышало самонапряжение аналогичных составов на основе бетона марки М 400 на 60 % для состава без гипса и на 45 % - с гипсом, что обусловлено большим количеством напрягающего композиционного вяжущего (ПЦ + ВКЗ + гипс) в первом случае, чем во втором.

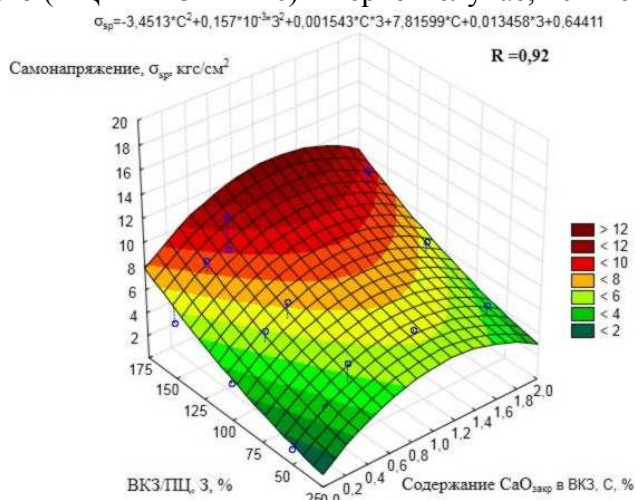


Рисунок 1 – Зависимость самонапряжения бетона марки М 400 от содержания $\text{CaO}_{\text{закр}}$ и ВКЗ/ПЦ

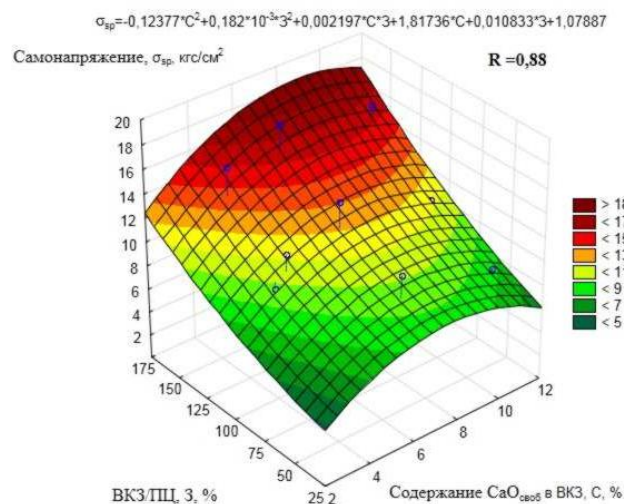


Рисунок 2 – Зависимость самонапряжения бетона марки М 400 от содержания $\text{CaO}_{\text{своб}}$ и ВКЗ/ПЦ

Таким образом, применение напрягающих бетонов для натяжения арматуры с использованием ВКЗ позволяет отказаться от заводской технологии натяжения арматуры или снизить потери предварительного напряжения арматуры.

Литература

- 1 Михайлов В.В. Предварительно напряженные железобетонные конструкции. – М. Стройиздат, 1978. – 383 с., ил.
- 2 Овчаренко Г.И. Зола углей КАТЭКа в строительных материалах / Г.И.Овчаренко - Изд-во Краснояр. Ун-та, 1992. - 216 с., ил.
- 3 Пособие по проектированию самонапряженных железобетонных конструкций (к СНиП 2.03.01-84)

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ КОМПОНЕНТОВ

Агашкина Е.Е., Демченко А.О., Мизанова О.Ю. – студенты,

Щукина Ю.В. – к.т.н., доцент

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

В настоящее время в производстве строительных материалов предусматривается преимущественное развитие технологий, обеспечивающих снижение стоимости, материалоемкости и трудоемкости строительства, а также повышающих теплоэффективность зданий. С этих позиций широкое развитие получили ячеистобетонные изделия, в том числе и автоклавного твердения. Вместе с тем, в настоящее время появляется острая проблема для многих производителей газобетонных изделий, которая заключается в нехватке чистого кварцевого песка. Данную проблему возможно решить с помощью замены кварцевого песка на малокварцевое сырье.

Возможность изготовления автоклавного газобетона на основе малокварцевого сырья показано в работах Куатабаева К.К. и Ройзмана П.А. Однако, в указанных работах не приводятся конкретные технологические приемы и режимы автоклавной обработки автоклавного газобетона.

Целью данной работы является получение автоклавного газобетона на основе малокварцевого сырья с высокими строительно-техническими свойствами. Для решения поставленной цели необходимо изучить свойства сырьевых материалов, подобрать оптимальные технологические параметры (степень помола песка и режимы автоклавной обработки) для его производства.

В работе были использованы следующие сырьевые материалы: портландцемент Голухинского цементного завода М400 Д20 (ПЦ); известь строительная с содержанием активных СаО и MgO 50 %, 70 %, 87 % (И); молотые речной песок с поймы реки Обь (Пш) и кварцевый песок Черемновского месторождения (Кв) с естественным содержанием илистых и глинистых частиц и без них. Помол песка осуществляли в лабораторной шаровой мельнице с энергией помола 50, 100 и 150 % от энергии помола клинкера на цемент. За 100 % энергии принимается время, за которое цементный клинкер с добавлением 5 % гипсового камня размалывается до заводской удельной поверхности. После помола все виды песков имели разную удельную поверхность, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Удельная поверхность песков

Наименование песка	Энергия помола, %	Удельная поверхность, см ² /г
Чистый полевошпатовый песок	50	2375
	100	3458
	150	4681
Полевошпатовый песок с содержанием илистых и глинистых частиц 7 - 8 %	50	2515
	100	3822
	150	5459
Чистый кварцевый песок	50	2124
	100	3537
	150	3856
Кварцевый песок с содержанием илистых и глинистых частиц 5 - 6 %	50	2246
	100	3619
	150	4054

В качестве контрольного состава принят заводской состав с ЗАО «ЗЯБ» с содержанием, кг/м³: портландцемент – 135, известь строительная – 130, молотый кварцевый песок – 340.

Твердение образцов осуществляли при автоклавной обработке с изотермической выдержкой при 6,5 и 10 часах с постоянным давлением от 0,6 до 1,0 МПа (6 – 10 атм).

На первом этапе работы нами были проведены исследования по выявлению оптимальных составов сырьевой смеси и режимов автоклавной обработки для изготовления автоклавного газобетона.

Рассматривая классическую систему на основе извести, цемента и кварцевого песка установлено, что на прочностные показатели значительное влияние оказывают активность извести и режим автоклавной обработки. Так прочность образцов, подвергавшихся автоклавной обработке с изотермической выдержкой в течение 6,5 и 10 часов с постоянным давлением 0,6 МПа (6 атм) существенных различий не имеет. Повышение давления до 1,0 МПа позволяет повысить прочность в среднем на 25 - 36 %. Одновременное повышение давления до 1,0 МПа и времени выдержки до 10 часов приводит к повышению прочности образцов до 50 %. Таким образом, наибольшие прочностные характеристики наблюдаются в составах на основе сортовой извести (активные СаО и MgO 70-90 %) и песка с энергией помола 100-150 % (рисунок 1). Наличие же загрязняющих примесей не оказывает существенного влияния на свойства вяжущего для производства автоклавного газобетона.

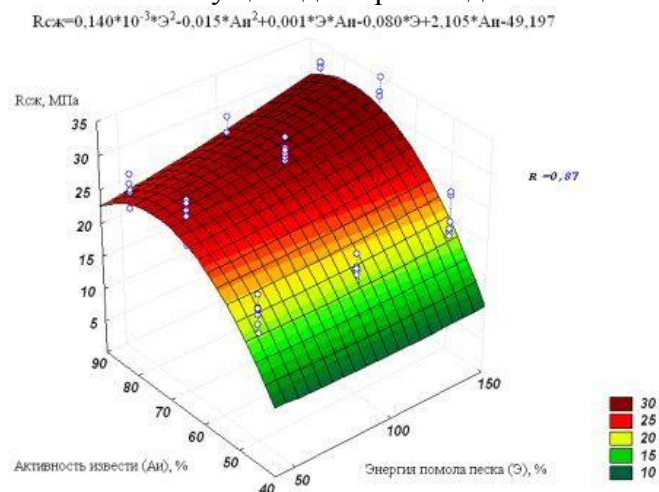


Рисунок 1 – Зависимость прочности от активности извести и энергии помола песка образцов на основе кварцевого песка с примесями, подвергавшихся автоклавной обработке с изотермической выдержкой 10 часов с постоянным давлением 1,0 МПа (10 атм)

Замена кварцевого песка на 50 % полевошпатовым приводит к получению результатов, которые сопоставимы с классической системой на основе извести, цемента и кварцевого песка (рисунок 2). Однако в такой системе наблюдается оптимум по энергии помола 50-100 % и содержанию СаО и MgO около 70 %.

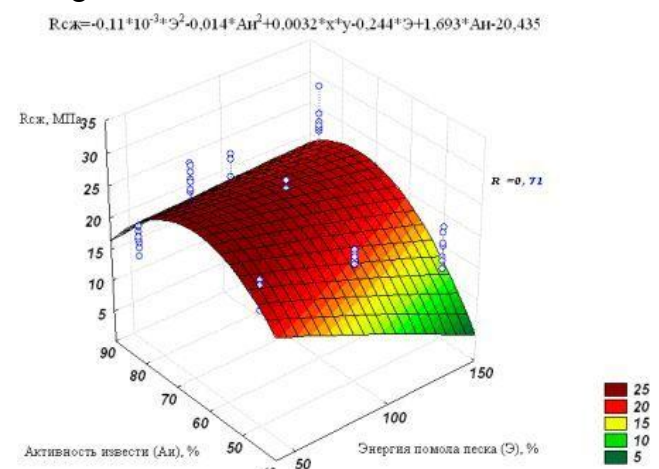


Рисунок 2 - Зависимость прочности от активности извести и энергии помола песка образцов на основе 50 % полевошпатового и 50 % кварцевого песка с примесями, подвергавшихся автоклавной обработке с изотермической выдержкой 10 часов с постоянным давлением 1,0 МПа (10 атм)

При полной замене кварцевого песка полевошпатовым, образцы, прошедшие автоклавную обработку с изотермической выдержкой при 6,5 и 10 часах с постоянным давлением от 0,6 МПа (6 атм) показывают прочности в пределах от 10 до 25 МПа в зависимости от помола песка и активности извести. Увеличение давления до 1,0 МПа с изотермической выдержкой 6,5 часов позволяет повысить прочность на 10 %. дальнейшее увеличение времени выдержки приводит к росту прочностных показателей. Кроме этого, в такой системе наблюдается оптимум по энергии помола песка 100 % и активности извести с содержанием СаО и MgO около 70 % (рисунок 3).

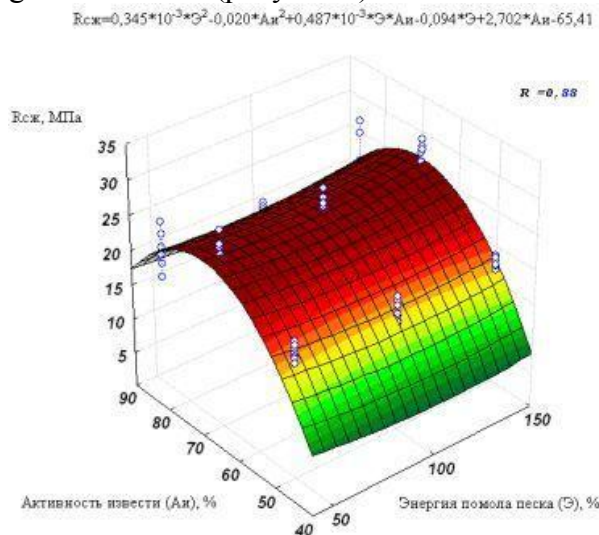


Рисунок 3 - Зависимость прочности от активности извести и энергии помола песка образцов на основе полевошпатового песка с примесями, подвергавшихся автоклавной обработке с изотермической выдержкой 10 часов с постоянным давлением 1,0 МПа (10 атм)

Таким образом, в результате проведенного эксперимента установлены оптимальные составы для производства автоклавного газобетона, кг/м³:

- портландцемент – 135, известь строительная 3 сорта – 130, молотый полевошпатовый песок с энергией помола 50 % без загрязняющих примесей – 340;
- портландцемент – 135, известь строительная 3 сорта – 130, молотый полевошпатовый песок с энергией помола 100 % без загрязняющих примесей – 340;
- портландцемент – 135, известь строительная 3 сорта – 130, молотый полевошпатовый песок с энергией помола 50 % с примесями – 340;
- портландцемент – 135, известь строительная 3 сорта – 130, молотый полевошпатовый песок с энергией помола 100 % с примесями – 340;
- портландцемент – 135, известь строительная 3 сорта – 130, молотый кварцевый песок – 170, полевошпатовый песок – 170, с энергией помола 50 % без загрязняющих примесей;
- портландцемент – 135, известь строительная 3 сорта – 130, молотый кварцевый песок – 170, полевошпатовый песок – 170, с энергией помола 50 % с примесями.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА ИЗ ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВЫХ ЗОЛ ТЭЦ

Коляда К.В., Попов Д.Е. – студенты, Фомичев Ю.Ю. – аспирант, Овчаренко Г.И. - д.т.н., профессор

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

Перед строительной наукой стоит целый ряд практических задач, одной из которых является - изучение и исследование местных дешевых техногенных отходов в производстве. Это объясняется тем, что большой объем строительных работ требует достаточного количества сырья для строительной индустрии, его дешевизны и пригодности для

производства широкого ассортимента материалов и изделий. Поэтому экономически целесообразно организовать комплексную утилизацию нерудного сырья и промышленных отходов, в том числе зол.

Всем давно понятно, что зола не отход производства, а вторичный ресурс, который мог бы стать основным сырьем строительной отрасли, ведь только строительная индустрия способна переработать такое большое количество образующейся золы.

Одновременно существует необходимость в доступных строительных материалах, так как только с недорогим строительным материалом можно реализовать различные государственные программы по строительству социального жилья. В целом ряде регионов спрос на дешевые строительные материалы не может быть удовлетворен материалами, произведенными в данном регионе. Это приводит к дополнительному росту стоимости строительства.

Один из наиболее очевидных путей решения данной проблемы - использование золы и золошлаковых отходов для производства силикатного кирпича и других автоклавных материалов [1-4]. По этому пути идет КНР, США и многие другие страны.

Целью работы является поиск наиболее оптимальных составов для получения силикатного кирпича из высококальциевых отходов ТЭЦ, соответствующего требованиям ГОСТов.

В работе применялась предварительно гашёная высококальциевая зола ТЭЦ-3 с содержанием СаОсв от 2,3 до 9,4 %; кварцевый песок Власихинского месторождения (КП) с модулем крупности 1,2, полевошпатовый песок из поймы реки Обь (ПШП) с модулем крупности 1,3, а также воздушная комовая известь I сорта (СаО) с содержанием активных СаО+MgO 95 %. В работе использовались составы:

1. СаО (90 %) + песок полевошпатовый (ПШП)(10 %) – контрольный состав для образцов с добавлением извести (СМ (0.9 ПШП + 0.1 СаО));
2. ВКЗ (72 %) + ПШП (26 %) +СаО (2 %) (0.2 СМ + 0.8 ЗП);
3. ВКЗ (54 %) + ПШП (42 %) +СаО (4 %) (0.4 СМ + 0.6 ЗП);
4. ВКЗ (36 %) + ПШП (58 %) +СаО (6 %) (0.6 СМ + 0.4 ЗП);
5. ВКЗ (18 %) + ПШП (74 %) +СаО (8 %) (0.8 СМ + 0.2 ЗП);
6. ВКЗ (90 %) + ПШП (10 %) – контрольный состав для зольных образцов (ЗП (0.9 Зола + 0.1 ПШП));
7. ВКЗ (72 %) + ПШП (молотый) (8 %) + ПШП (укрупняющая добавка) (20 %) (0.72 Зола + 0.08 КП (молотый) + 0.2 КП);
8. ВКЗ (72 %) + песок кварцевый (КВП) (молотый) (8 %) + КВП (укрупняющая добавка) (20 %) (0.72 Зола + 0.08 ПШП (молотый) + 0.2 ПШП); где:
ЗП – золопесчаная смесь,
СМ – силикатная масса.

Для предварительного гашения золы используется автоклав. Давление – 10 атмосфер, режим – 3 часа подъём давления, 3 часа – изотермическая выдержка, 3 часа – спуск пара.

Исходя из данных предварительных исследований было экспериментально подтверждено, что нецелесообразно применять совместный помол материалов, так как это не дает значительного увеличения прочности и ведет к дополнительным затратам на помол, поэтому в работе исследовались составы только с молотым песком.

Анализ полученных данных показывает, что увеличение количества извести в диапазоне 0 % (зольный кирпич – состав ВКЗ (90 %) + ПШП (10 %)) – 100 % (силикатный кирпич – состав СаО (90 %) + (ПШП)(10 %)) в золопесчаной смеси ведёт к падению прочностных характеристик, что можно проследить по диаграмме, представленной на рисунке 1. Это говорит о том, что производство золопесчаноизвесткового кирпича возможно, но при выборе оптимального соотношения зола-известь (в данном случае 6% СаО в золопесчаной смеси). Это позволит производить силикатный кирпич на основе ВКЗ круглый год, а при недостатке золы можно будет переходить на смешанную, либо классическую технологию производства силикатного кирпича.

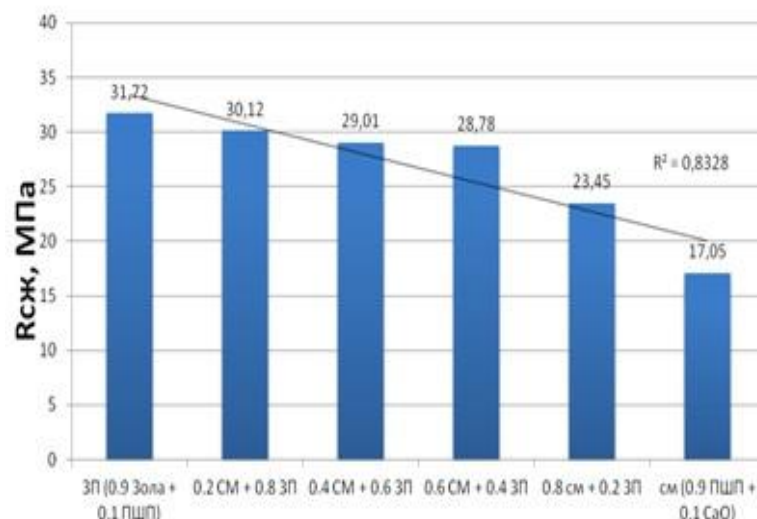


Рисунок 1 – Поведение прочностных характеристик силикатного кирпича на основе ВКЗ в зависимости от содержания СаО в золопесчаной смеси.

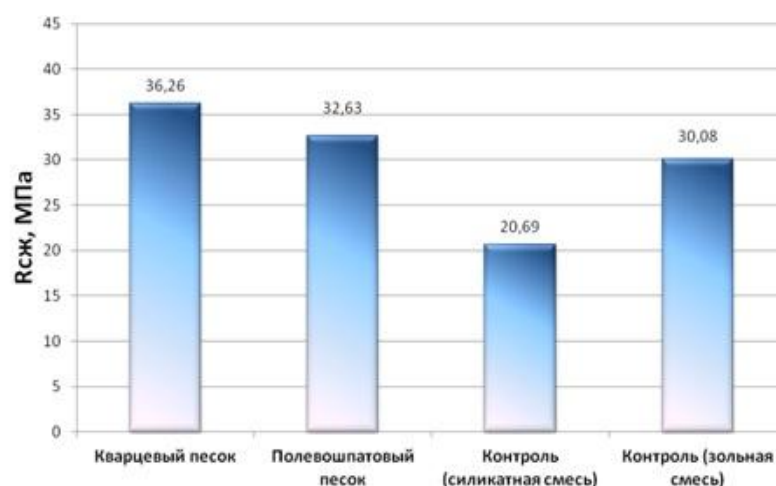


Рисунок 2 – Прочностные характеристики образцов из золопесчаной смеси с добавлением молотых песков и укрупняющих добавок.

На основе исследования поведения прочностных характеристик образцов с помолотом, можно заключить, что использование молотых песков и укрупняющей добавки (20 %) в золопесчаной смеси даёт прибавку к прочности (по сравнению с силикатным кирпичом на 60-75 %, с зольным кирпичом на 6-10 %), но соответственно, в производстве, это будет увеличивать затраты и повышать себестоимость готовой продукции.

Список литературы:

- 1 Кузнецов Ю. С., Новокрещенова С. Ю., Новокрещенов В. Л., Голикова Л. Н. Региональные экологические аспекты строительной индустрии. 13 кн.: Современные проблемы строительного материаловедения, материалы VII ак. чт. РААСН, Белгород, 2001. – С. 290-292.
- 2 Батрак А. И. Шлам зольный – сырье для производства ячеистого бетона // Строительные материалы, 2002. - № 4. – С. 22.
- 3 Кудяков А. И. Автоклавные материалы на основе местного сырья и отходов // Строительные материалы, 2005. - № 4. – С. 29-30.
- 4 Меркин А. П., Зейфман М. И. Новые технологические решения в производстве ячеистых бетонов // Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих. – 1982. - № 2. – С. 24.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЦЕМЕНТЫ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Парфенова А.А. , Добровольская Е.В. – студенты, Козлова В.К. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Согласно ГОСТ 26633-91 для выпуска гидротехнического бетона рекомендовано применять в качестве вяжущего сульфатостойкие и пуццолановые цементы. Однако, использование сульфатостойкого портландцемента приводит к значительному увеличению стоимости гидротехнических бетонов, так как сульфатостойкий портландцемент значительно дороже обыкновенного портландцемента и объем выпуска такого портландцемента ограничен. Также гидротехнические цементы должны отвечать повышенным требованиям по долговечности, предъявляемым к ним в условиях работы на рубеже воздушной и водной сред, а в таких условиях наиболее опасна коррозия выщелачивания, сульфатная и карбонатная коррозия. С целью повышения стойкости к карбонатной агрессии авторы И.Е. Ковалева, Н.С. Панина, М.Н. Голышева, А.В. Шутова, С.Г. Незнамова «Цементы повышенной стойкости к карбонатной агрессии // Цемент и его применение. №6. 2009 г.» рекомендуют использование цементов, минералогический и химический состав которых обеспечивает получение цементного камня повышенной плотности и образование монолитного непрерывного кристаллического каркаса. В качестве такого цемента предлагается портландцемент с добавкой белитосульфоалюминатного клинкера, отличающегося высокой скоростью процесса гидратации. Но такой клинкер изготавливается только по специальным заказам и стоит ещё дороже, чем сульфатостойкий портландцемент.

Целью работы являлось получение композиционных портландцементов для гидротехнического строительства на основе рядовых портландцементных клинкеров.

В работе были использованы следующие сырьевые материалы: портландцемент Голухинского цементного завода М500 Д0 (ПЦ), ПЦ Искитимского цементного завода М500 Д0, высокоглиноземистый клинкер алюминотермического производства Ключевской обогатительной фабрики, доломит Таензинского месторождения, молотый известняк, 5 %-й раствор H_3BO_3 .

Композиционное вяжущее изготовлялось в лабораторных условиях с применением добавок в различном процентном отношении к цементу, как по отдельности, так и в комплексе. Изготавливались образцы-кубики размером 20х20х20 мм. Образцы хранились в нормальных условиях, прочностные характеристики определялись на 1, 3 и 28 сутки. В качестве контрольного состава использовался ПЦ М500 Д0 без добавок.

В 28-суточном возрасте определялись потери при прокаливании, для цементного камня, содержащего добавку доломита, п.п.п. определялись при 900 °С. Содержание свободного гидроксида кальция в гидратированном цементе определялось химическим методом. В результате значительно снижается гидроксид кальция в продуктах гидратации. Получается меньшая пористость. Цементный камень получается прочнее.

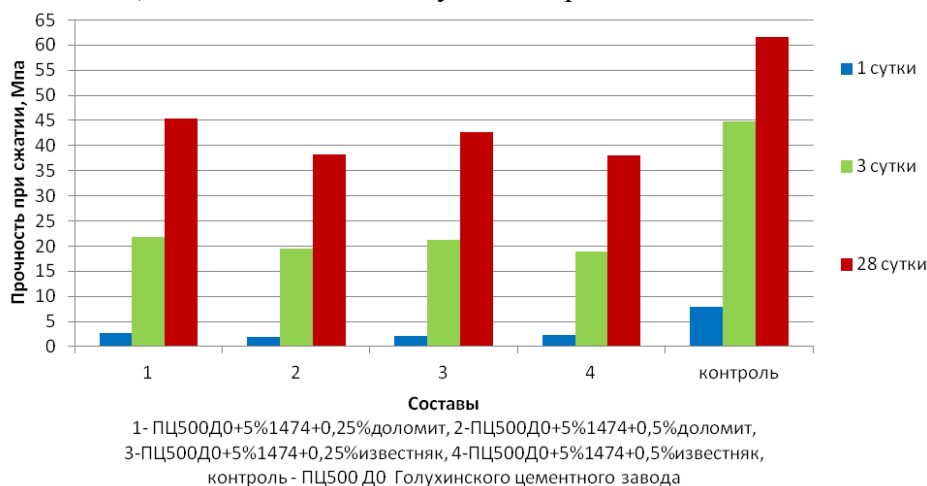


Рисунок 1 - Прочность при сжатии цементного камня с различными добавками

На рисунке 1 показано сравнение прочности образцов при сжатии с различными добавками.

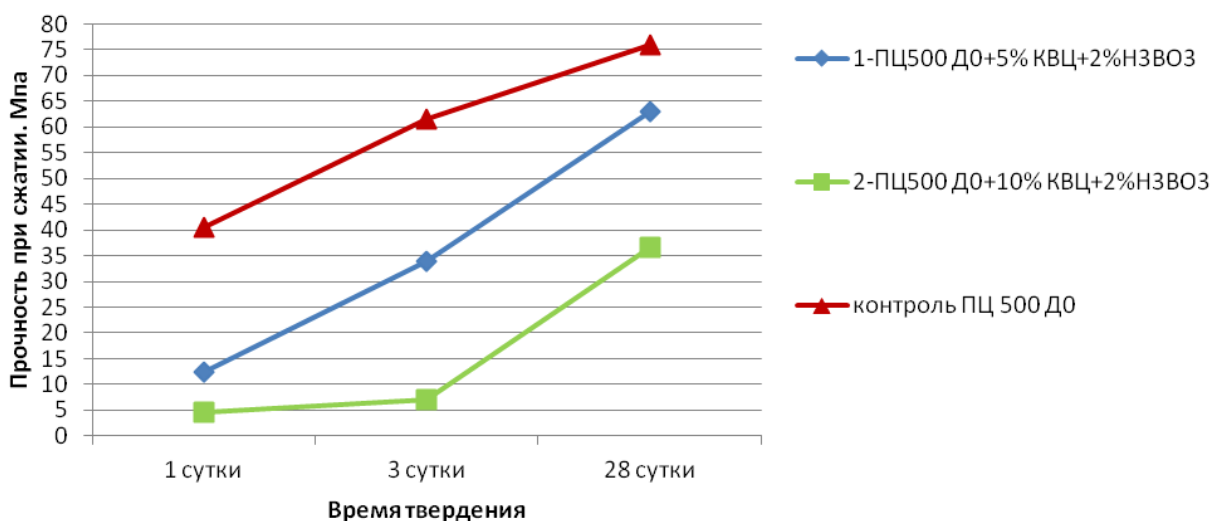


Рисунок 2 - Зависимость прочности при сжатии цементного камня от времени твердения.

На рисунке 2 показана зависимость прочности при сжатии цементного камня от времени твердения.

Из полученных результатов (рисунок 1 и 2) можно сделать вывод о том, что более целесообразно использовать состав с добавками в количестве 5 % КВЦ и 0,25 % доломита.

Список литературы

1. Е.И. Аллилуева, Л.М. Гаркун. Цемент для гидротехнических сооружений: исключение или правило?// «Цемент и его применение», N1 2007
2. В.К. Козлова, В.Г. Григорьев, Е.Е. Андрияшина, Е.В. Шкробко, А.А. Лихошерстов. Композиционные портландцементы для гидротехнического строительства// «Ползуновский вестник», 2012

РАЗРАБОТКА РЕМОНТНЫХ СОСТАВОВ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ЩЕБЁНОЧНО-МАСТИЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Комаров Р.И., Черепанов А. О. – студенты, Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Асфальтобетонные дорожные покрытия являются наиболее распространенными в России. Рост масштабов дорожного строительства зачастую сдерживается недостатком высококачественных строительных материалов. Большая часть Западно-Сибирского региона не имеет природных каменных материалов, пригодных для дорожного строительства. Использование золошлаковых отходов расширяет сырьевую базу региона, позволяет значительно удешевить дорожное строительство и повысить эффективность мероприятий по охране окружающей среды.

Цель работы: изучение и сравнение свойств асфальтобетонных смесей с различными минеральными порошками, а так же оптимизация состава асфальтобетона.

В работе использовались: Щебень фракции 5-20 ООО «Верх-Катунская ДСФ», песок из отсевов дробления фракции 0-5 ООО «Верх-Катунская ДСФ», минеральный порошок активированный ЗАО "Инертник", минеральный порошок неактивированный ГУП "Курийское ДРСУ", высококальциевые золы (ВКЗ) от сжигания бурых углей КАТЭКа на ТЭЦ – 3 (г. Барнаул), битум нефтяной дорожный БНД 90/130 ОАО «Газпромнефть-Омский НПЗ».

Перед приготовлением асфальтобетонной смеси минеральные материалы (щебень, песок, минеральный порошок) предварительно высушивают. Минеральные материалы в

количествах, заданных по составу, отвешивают в емкость, нагревают, периодически помешивая, до температуры 160-170 °С, и добавляют требуемое количество не нагретого минерального порошка и нагретого в отдельной емкости вяжущего. Вяжущее предварительно разогревают до 130-140 °С. Смеси минеральных материалов с органическим вяжущим окончательно перемешивают в лабораторном смесителе до полного и равномерного объединения всех компонентов. Необходимо поддерживать температуру разогретой смеси на уровне 140-150 °С. Из полученных смесей формируются образцы цилиндрической формы диаметром 71,4 мм высотой $71,4 \pm 1,5$ мм, полученные уплотнением смеси в стальных формах. Уплотнение образцов из смесей, содержащих до 50 % щебня по массе, производят прессованием под давлением $(40,0 \pm 0,5)$ МПа на гидравлических прессах в формах, через $3,0 \pm 0,1$ мин. нагрузку снимают. Уплотнение образцов из горячих смесей, содержащих более 50% щебня по массе, следует производить вибрированием с последующим доуплотнением прессованием. Смесь в форме вибрируют в течение $(3,0 \pm 0,1)$ мин при частоте (2900 ± 100) мин⁻¹, амплитуде $(0,40 \pm 0,05)$ мм и вертикальной нагрузке на смесь (30 ± 5) кПа. По окончании вибрации форму с образцом снимают с виброплощадки, устанавливают на плиту пресса для доуплотнения под давлением $(20,0 \pm 0,5)$ МПа и выдерживают при этом давлении 3 мин. Затем нагрузку снимают и извлекают образец из формы выжимным приспособлением. Полученные образцы хранят на воздухе в комнатных условиях. Испытания образцов проводятся через 12-48 часов после формования.

Эксперимент показал, что для классического плотного асфальтобетона марки Б-І оптимальным заполнителем является активированный минеральный порошок (рисунки 1, 2).

Однако, высококальцевая зола с содержанием свободной открытой извести ($\text{CaO}_{\text{откр.}}$) в пределах 2 – 4 % может служить равноценной заменой активированному минеральному порошку (рисунок 3), что экономически выгодно.

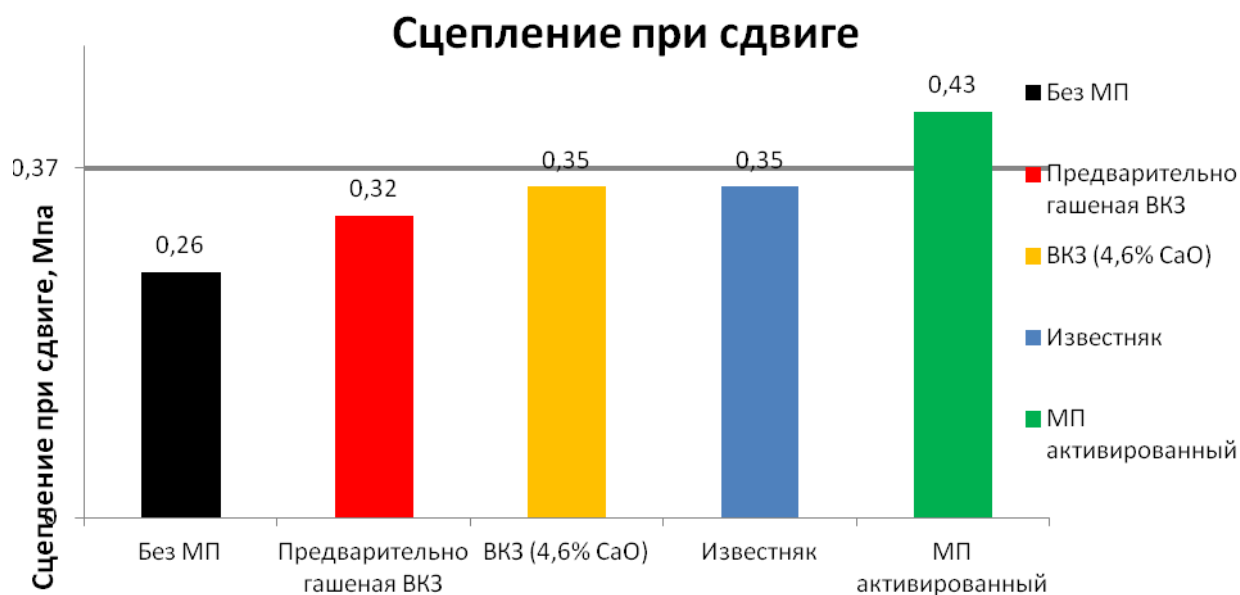


Рисунок 1 – Зависимость величины сцепления при сдвиге от вида минерального порошка

Показатели сцепления при сдвиге и трещиностойкости выше у смеси с активированным минеральным порошком. Чуть хуже показатели у смесей с известняком и негашеной ВКЗ ($\text{CaO}_{\text{откр.}} = 4,6\%$) в качестве минерального порошка. Прочность смеси без минерального порошка имеет худшие показатели. Это можно объяснить лучшим сцеплением битума с карбонатными породами.

Материалы с большей степенью основности обладают лучшей адгезией к битуму, чем кислые породы. Поэтому сцепление при сдвиге лучше у смеси с МП активированным, так

как основная горная порода после активации совместным помолом с битумом обладает еще большим сцеплением. У негашеной ВКЗ и известняка показатели сдвига меньше, чем у МП активированного, т. к. данные материалы не подвергались дополнительной обработке и имеют первоначальную степень адгезии, которой не хватает для необходимых показателей. Так же, в негашеной ВКЗ свободный открытый оксид кальция гидратирует и происходит доуплотнение асфальтобетона, так как продукты гидратации имеют больший объем, чем первоначальный CaO .

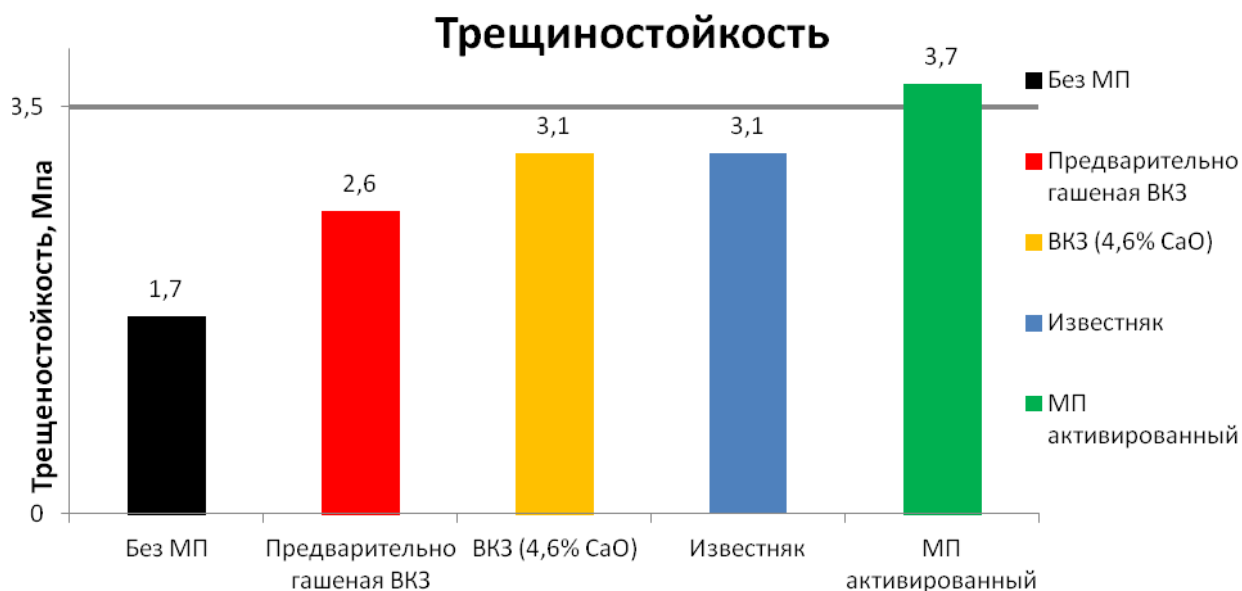


Рисунок 2 – Зависимость величины трещиностойкости от вида минерального порошка

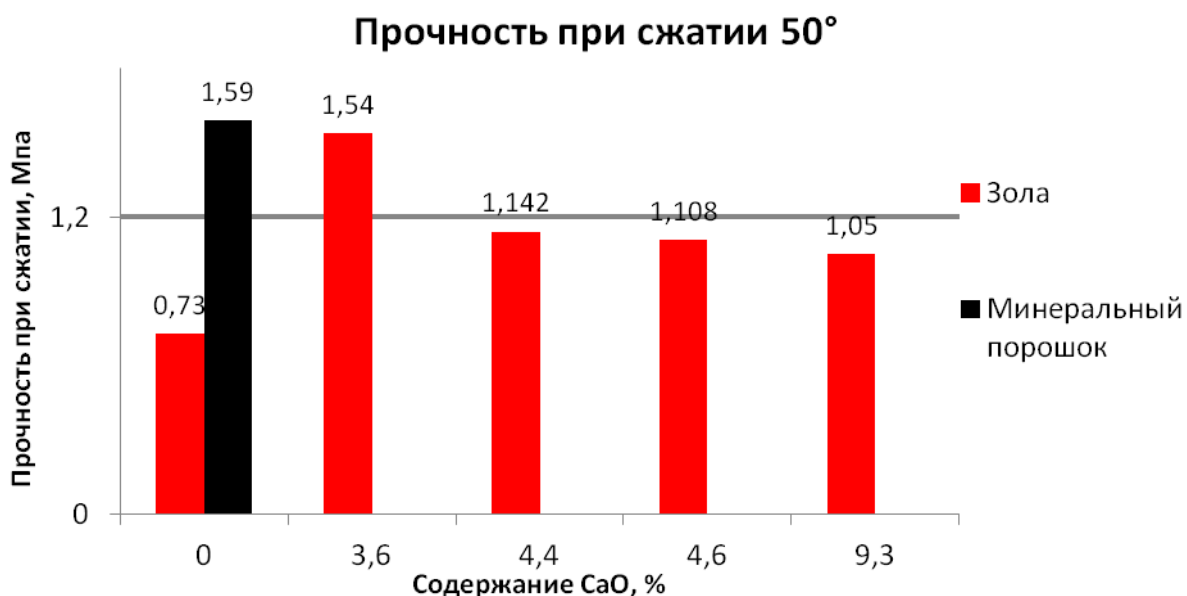


Рисунок 3 – Зависимость прочности при 50 °С от содержания $\text{CaO}_{\text{откр.}}$ и вида минерального порошка

Содержание в золе $\text{CaO}_{\text{откр.}}$ более 4 % негативно сказывается на прочности (Рисунок 3), так как излишнее увеличение в объеме разрушает первоначальную структуру асфальтобетона.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА НА СВОЙСТВА САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА

Губина Е.А., Дисенов Д.А. – студенты гр. ПСК-71, Хижинкова Е.Ю. –к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) является одним из наиболее ярких и важных открытий XX века в строительной индустрии. Самоуплотняющимся называют бетон, который не расслаивается после укладки в форму и занимает проектное положение под влиянием только собственного веса без применения вибрации.

СУБ используется как товарный бетон при монолитном строительстве, в ремонтных работах на строительных объектах. Использование такого бетона полностью исключает появления дефектов при уплотнении. Кроме того, достигается высокое качество поверхности и значительно сокращается время проведения бетонных работ.

Также высоко перспективным является использование СУБ на заводах ЖБИ для производства сборного железобетона. При этом достоинства СУБ наиболее эффективно проявляются в случае со сложной геометрией и тонкими, плотно армированными элементами. Появление СУБ позволило увеличить скорость бетонирования, уменьшить энергоёмкость производства. Безвибрационная технология настолько снижает уровень шумового воздействия на человека и окружающую среду, что заводы железобетонных изделий можно размещать в урбанизированных городских районах.

В состав СУБ входит: вяжущее, крупный заполнитель, мелкий заполнитель, микрозаполнитель и пластифицирующие добавки. В качестве микрозаполнителя в разных регионах мира используются разные материалы, например в Европе используется молотый известняк. В России же наиболее перспективным выглядит использование зол ТЭЦ в качестве минерального порошка.

Целью данного исследования является изучение влияния вида минерального порошка на свойства самоуплотняющегося бетона (прочность при сжатии, распыл).

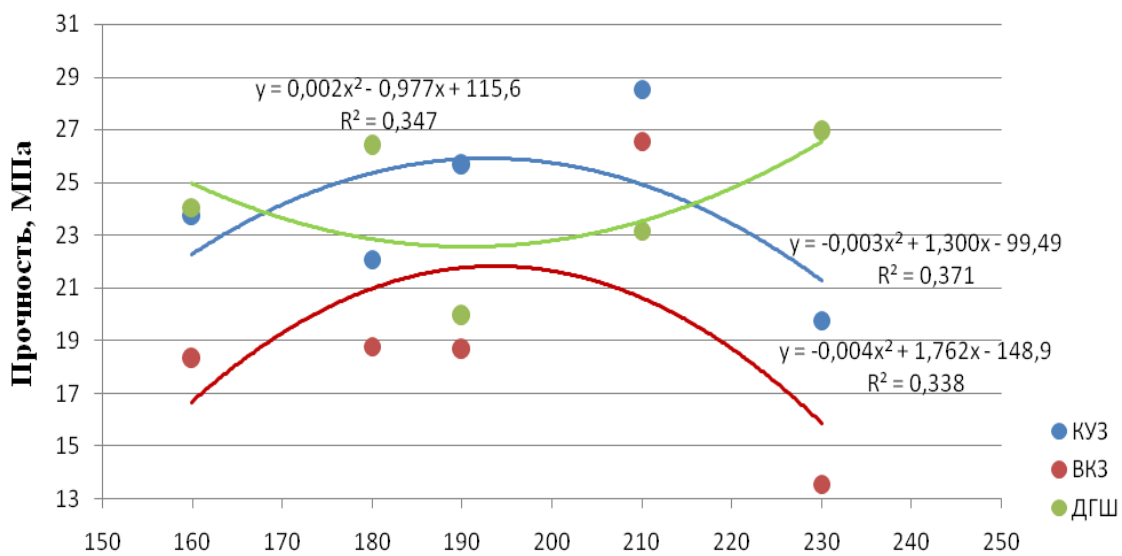
В работе использовался портландцемент Голухинского цементного завода марки М400 Д20. В качестве заполнителя применялись обской песок ($M_{кр}=1,2$), щебень фракции 5-15, отсев фракции 0-5. В качестве минерального порошка были использованы следующие материалы: высококальциевая зола ТЭЦ-3 г. Барнаул, кислая зола (КУЗ) ТЭЦ-5 г. Новосибирск, молотый щебень, молотый известняк, молотый ДГШ. Пластифицирующая добавка GLENIUM Sky 430 фирмы BASF.

Испытания проводились на бетонных образцах с размером ребра 10х10х10 см, которые твердели при тепловлажностной обработке по режиму: 2 ч выдержка при $t = 23^{\circ}\text{C}$ + 3ч подъем температуры до 80°C + 6 ч выдержка при температуре 80°C + 3 ч понижение температуры до 23°C при отключенном паре.. Кубы испытывают на прочность через два часа после ТВО и через дополнительные 28 суток нормального твердения после ТВО.

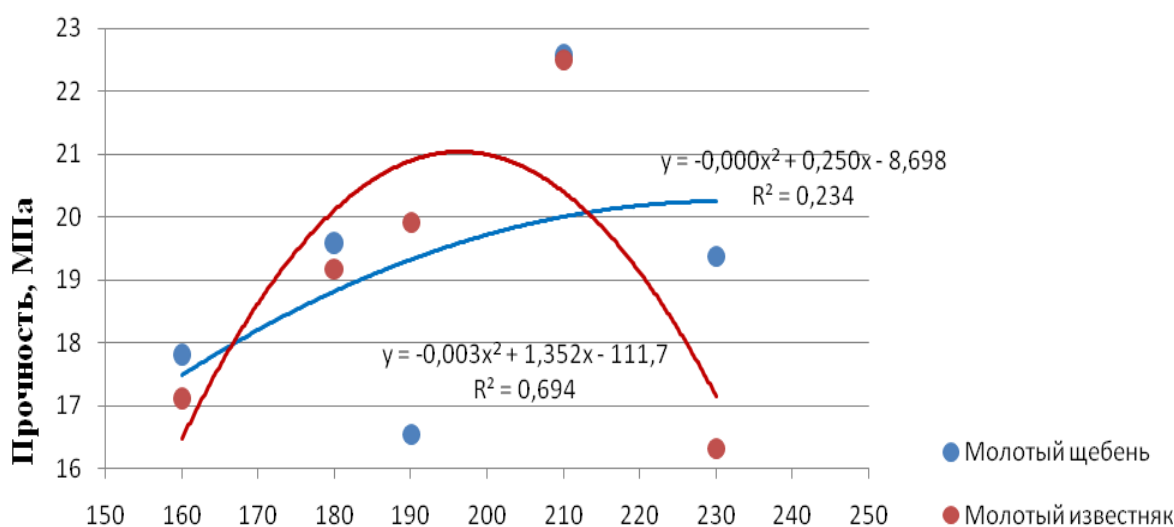
В начале работы было исследовано влияние дозировки и вида минерального порошка на распыл бетонной смеси. Необходимо было добиться распыла бетонной смеси в 65-75 см, что соответствует классу высокоподвижной смеси SF2. Все виды заполнителя удовлетворяют требованиям по растеканию, при этом наиболее стабильный и чёткий распыл фиксируется в составах с молотым щебнем. Однако бетон, в котором в качестве минерального наполнителя использовался молотый щебень, не показал заявленной проектной марки бетона М200 (рисунок 2).

Наиболее эффективным по прочностным показателям наполнителем является кислая зола. Бетонные образцы с КУЗ показали максимальную прочность при ее содержании 210 кг/м^3 , что показано на рисунке 1. При превышении данной дозировки прочность бетона резко снижается. Однако бетон, в приготовлении которого использовалась кислая зола, не продемонстрировал наилучших результатов по распылу в сравнении с образцами с молотым щебнем. После расформовки готовых бетонных образцов с КУЗ нередко встречались плохо уплотнённые участки, особенно места в углах формы.

Составы бетона с использованием молотого доменного гранулированного шлака обеспечивают необходимую марочную прочность и качественный расплыв бетонной смеси. Готовые образцы имеют гладкую и ровную поверхность, бетонная смесь полностью заполняет все необходимое пространство внутри формы исключая появление неуплотнённых участков.



Расход минерального порошка на 1 м³ бетонной смеси, кг/м³
Рисунок 1 – Зависимость прочности от дозировки минерального порошка



Расход минерального порошка на 1 м³ бетонной смеси, кг/м³

Рисунок 2 – Зависимость прочности от расхода минерального порошка

На 28-е сутки нормального твердения все составы показывают прирост прочности на 20-30 %. Образцы с КУЗ обладают наибольшей прочностью, она достигает порядка 40-43 МПа. Составы с использованием ВКЗ и ДГШ немного уступают по прочности КУЗ и показывают примерно одинаковые результаты (30-33 МПа).

Таким образом, наиболее перспективными минеральными микронаполнителями с точки зрения оптимизации качественного расплыва и прочности являются добавки золы от сжигания каменных или бурых углей и молотого доменного гранулированного шлака.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Смирнов В.О. – студент, Буйко О.В. -к.т.н., доцент

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

В настоящее время появляются новые технологии ведения строительных работ, в том числе возведения высотных зданий, для которых требуются материалы с повышенными строительно-техническими характеристиками. В связи с этим повышаются требования к такому широко распространенному материалу как тяжелый бетон.

Производство бетонных и железобетонных изделий в современных условиях не обходиться без использования различных химических и минеральных добавок. Применение таких добавок это наиболее простой способ повышения эксплуатационных характеристик бетонов с минимальными изменениями технологического процесса.

Поэтому целью данного исследования была разработка и исследование свойств портландцементных композиций для быстротвердеющих высокопрочных бетонов.

Наиболее широко при производстве тяжелых бетонов используются добавки пластификаторы. На рынке таких добавок все более популярной становится продукция компании Sika. Для исследований были выбраны SikaViscoCrete 5-800, SikaViscoCrete 5-600 NPL, которые являются суперпластифицирующими и суперводоредуцирующими добавками для бетонов. В качестве вяжущего использовался портландцемент М400 Д20 Искитимского завода, широко используемый на предприятиях ЖБИ Алтайского края. Применявшиеся заполнители также являются рядовыми материалами: речной песок модуль крупности $M_{кр} = 1,2$, щебень $\phi_r = 5-20$ мм.

Для повышения прочностных характеристик бетона в комплексе с суперпластифицирующими добавками применялись такие активные минеральные добавки как: зола высококальциевая с $CaO_{отк} = 5,15\%$ и гранулированный микрокремнезем (МК). Эти материалы способствуют образованию дополнительных гидратных соединений, повышающих плотность, прочность и другие характеристики портландцементного бетона. Поскольку гранулирование микрокремнезема приводит к существенному снижению его эффективности, в исследовании проводился его помол совместно с портландцементом в соотношении 1:1. Активация микрокремнезема проводилась при различных энергиях помола (Е): 50 %, 100 %, 150 %.

Бетонные образцы-кубы размером 10x10x10 см, модифицированные исследуемыми комплексами добавок твердели в нормальных условиях (28 суток, температура $20 \pm 2^\circ C$, $W \approx 100\%$). Марка бетона была М 300, подвижность П 2.

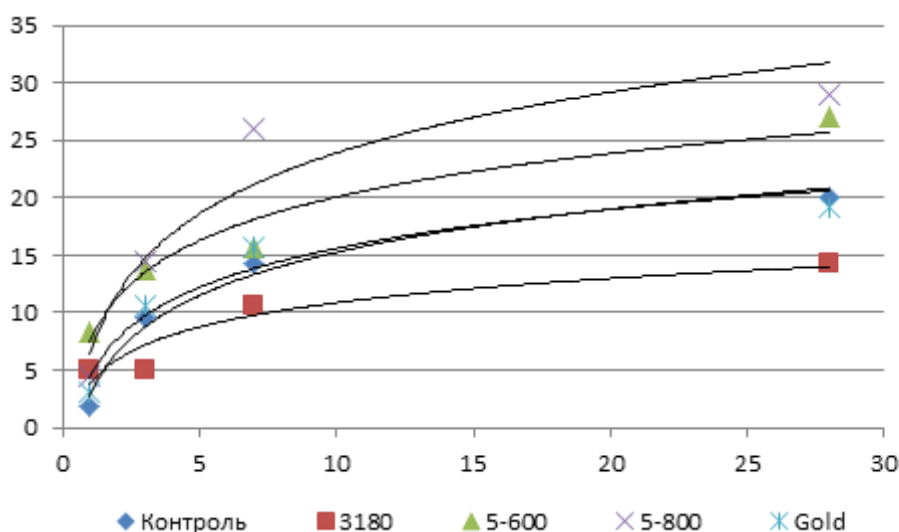
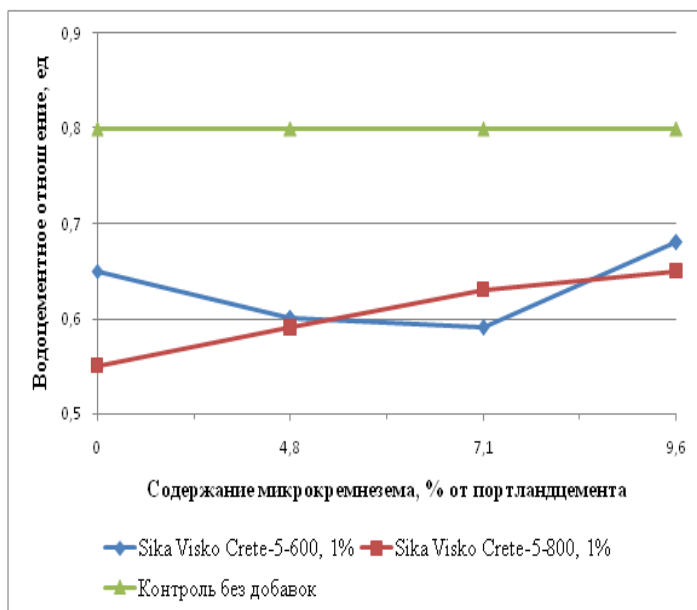


Рисунок 1 – Зависимость прочности модифицированных бетонных составов от вида суперпластификатора

На основании результатов предварительно проведенного эксперимента (рисунок 1) для основного эксперимента были выбраны суперпластифицирующие добавки SikaViscoCrete 5-800, SikaViscoCrete 5-600 NPL, показавшие максимальный прирост прочности бетонных образцов. Для получения сравнимых данных выбранные суперпластификаторы вводились в бетонную смесь в количестве 1 % от массы ПЦ.



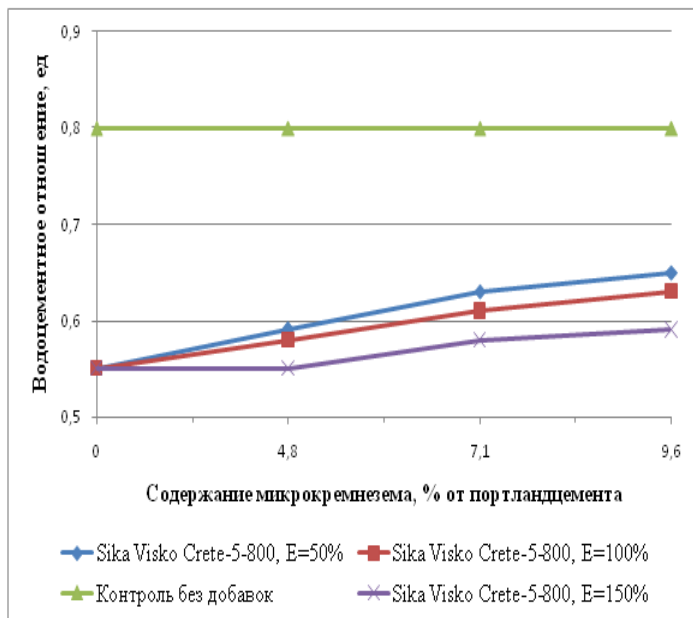
Домолотый совместно с ПЦ микрокремнезем вводился в исследуемые составы в дозировке 20 %, 15 %, 10 %. Фактическое количество МК при этом составило, соответственно при 10 % добавки – 4,8 %, 15 % = 7,1 %, 20 % = 9,6 %.

При минимальной энергии введение комплексной добавки SikaViscoCrete 5-600 NPL и домолотого МК приводит к снижению водоцементного отношения на 19-26 %, по сравнению с бездобавочным контрольным составом.

Рисунок 2 – Влияние состава комплексной добавки (энергия помола 50 %) на водоцементное отношение

бетонной смеси

При минимальной энергии помола (50 %) введение комплексной добавки, состоящей из SikaViscoCrete 5-600 NPL и домолотого МК, приводит к снижению водоцементного



отношения модифицированной смеси на 19-26 %, по сравнению с бездобавочным контрольным составом. Дальнейшее увеличение содержания МК в составе комплексной добавки (до 10 %) приводит к снижению водоредуцирующего эффекта до 15 %.

С увеличением площади удельной поверхности и увеличением процента активной минеральной добавки при повышении энергии помола с 50 до 150 % приводит к пропорциональному повышению водоредуцирующего эффекта. Однако наблюдается снижение водоредуцирующего эффекта при повышении количества МК в составе комплексной добавки: с 31 % при 0 % МК до 19 % при 10 % МК.

Рисунок 3 – Влияние состава комплексной добавки при различных энергиях помола на водоцементное отношение бетонной смеси

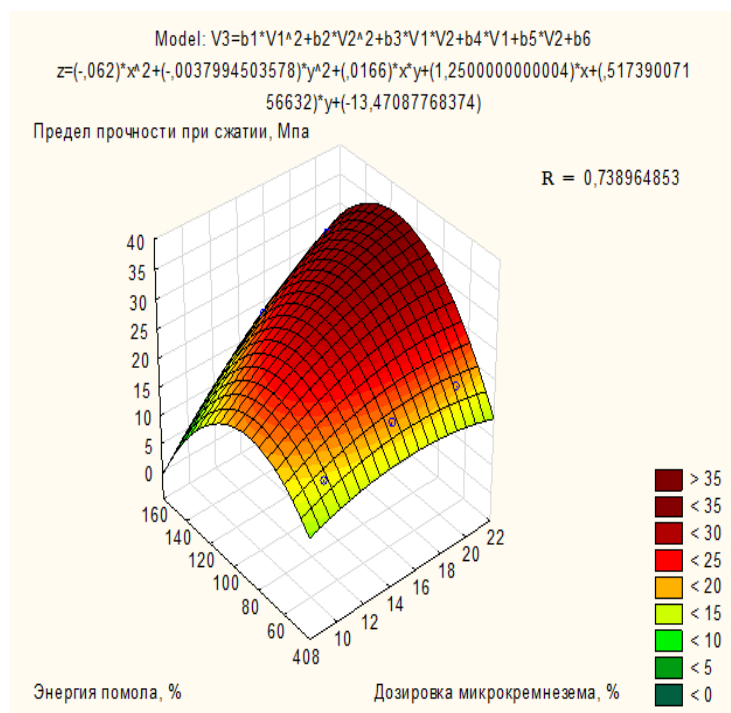
Хотя суперпластификаторы SikaViscoCrete 5-800, SikaViscoCrete 5-600 NPL при их индивидуальном введении в бетонную смесь повышают продолжительность сохранения бетонной смеси до 90-120 минут, то в комплексе с МК это время сокращается до 40-70

минут. При этом повышение энергии помола увеличивает продолжительность живучести смеси.

С увеличением площади удельной поверхности и увеличением дозировки микрокремнезема в составе комплексной добавки наблюдается прирост прочности бетонных образцов во все сроки нормального твердения. Однако у исследуемых составов наблюдается оптимум при введении МК в количестве 6-8 % и энергии помола равной 100 %, т.е. нет необходимости применения максимальной дозировки комплексной добавки и увеличенной длительности помола.

Результаты эксперимента показали, что применение в составе комплексной добавки 5-600 позволяет получить лучшие прочностные характеристики модифицированных бетонов как в ранние, так и в поздние сроки твердения (рисунок 4). Состав с комплексной добавкой с SikaViscoCrete 5-600 NPL и при энергии помола 150 % в дозировке 20 % от массы цемента, показал лучший прирост прочности в промежуток 1 – 3 суток. Величину конечной прочности можно существенно повысить (на 30 % от марочной прочности) используя комплексный модификатор на основе SikaViscoCrete 5-600 NPL и содержании домолотого при E=50 % МК 5 – 10 %.

Комплексная добавка на основе SikaViscoCrete 5-800, так же позволяет получить прирост прочности, однако он не столь существенен как SikaViscoCrete 5-600 NPL.



Определение морозостойкости для модифицированных составов было проведено для состава с комплексной добавкой на основе SikaViscoCrete 5-600 NPL с минимальной энергией помола и оптимальным содержанием МК.

Результаты ускоренного определения морозостойкости показали что по сравнению с контрольным бездобавочным составом модифицированный бетон в полтора раза более устойчив к попеременному замораживанию и оттаиванию: контроль – 250 циклов, состав с добавкой – 463 цикла

Рисунок 4 – Зависимость прочности модифицированного бетона от содержания микрокремнезема и энергии помола комплексной добавки на основе SikaViscoCrete 5-600 NPL

Вывод.

Суперпластификаторы фирмы Sika позволяют получить высокие водоредуцирующие эффекты при использовании их в бетонных смесях: от 15 до 40%.

Прочность зависит от вида суперпластификатора, количества молотого МК и площади удельной поверхности комплексной добавки. При минимальной энергии помола комплексной добавки и ее дозировке 20 % в составе смеси модифицированный бетон имеет максимальную конечную прочность и высокую морозостойкость.

Для получения высоких ранних прочностей необходимо применять повышенную энергию помола и максимальная дозировка добавки.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ГИСОЦЕМЕНТОЦЕОЛИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО
Пензева Н.В., Старовойтова Д.С. – студенты, Свиридов В.Л. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Гипс среди эффективных строительных материалов занимает одно из ведущих мест. Это обусловлено большими запасами гипсового сырья, низкой топливно- и энергоемкостью производства, технологичностью материалов и конструкций. Его применяют при производстве штукатурки, перегородочных стеновых плит и панелей, вентиляционных коробов, работающих при относительной влажности воздуха менее 65 %. Большие объемы гипса используются для изготовления штукатурных и кладочных растворов. Технологической проблемой производителей гипсовых вяжущих является получение более высоких марок по прочности и водостойкости. Для её решения возможно введение различных добавок, которые будут положительно влиять на свойства вяжущего. Одним из способов решения данной проблемы может служить гисоцементнопуццолановое вяжущее (ГЦПВ), сочетающее в себе скорость набора прочности от гипса и водостойкость от цемента.

ГЦПВ вследствие его повышенной водостойкости применяют для изготовления санитарно-технических кабин, ванных комнат, лифтовых шахт, вентиляционных каналов и других гипсобетонных изделий. Известно применение в качестве пуццоланового компонента цеолитовых туфов различных месторождений России, Украины, Грузии и других стран.

Поэтому целью данной работы является оптимизация состава гисоцементноцеолитового вяжущего, для достижения которой необходимо решить следующие задачи:

- получение наибольшей прочности камня на основе ГЦЦВ;
- повышение водостойкости полученного камня.

В научно-исследовательской работе были использованы следующие сырьевые материалы: гипс строительный Г-4 АП Пешевлянского гипсового завода, портландцемент М500 Д0 Топкинского цементного завода, соответствующие требованиям ГОСТов, добавка - цеолитовый туф Сокирницкого месторождения, пластификатор С-3.

Для подбора составов ГЦЦВ определялось содержание СаО в жидкой фазе по методике А.В. Волженского в соответствии с ТУ 5744-007-05292-444-2011. Отбирались навески гипса строительного, портландцемента и цеолитового туфа для приготовления следующих трёх препаратов. 1 препарат: гипс – 4 г, цемент – 2,5, цеолит – 1,25; 2 препарат: гипс – 4 г, цемент – 2,5, цеолит – 2,5; 3 препарат: гипс – 4 г, цемент – 2,5, цеолит – 3,75. Препараты помещают в колбы и заливают дистиллированной водой, герметично закрывают и взбалтывают для предотвращения осадка. Затем колбы выдерживают 5 и 7 суток, взбалтывая их вручную не менее 2 раз в сутки. Для определения концентрации СаО через 5 и 7 суток из каждой колбы отбирают водный раствор, который титруется в присутствии фенолфталеина 0,1 Н раствором соляной кислоты. Результаты испытаний представлены на рисунке 1.

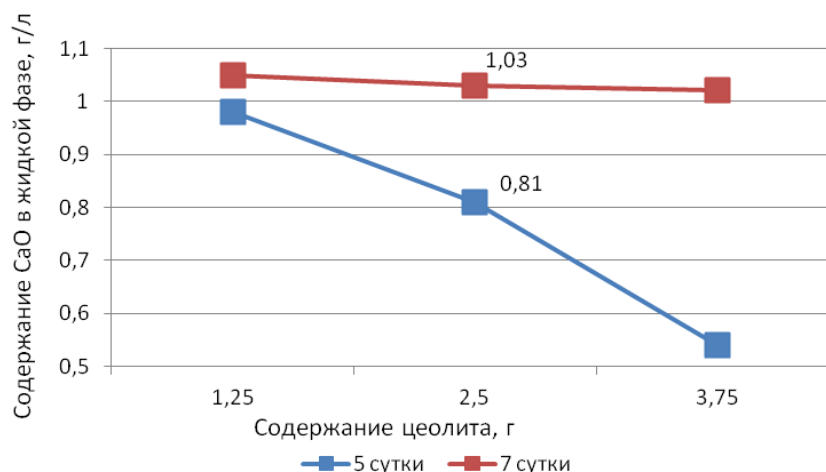


Рисунок 3 - Содержание СаО в жидкой фазе

Концентрация окиси кальция на 5 сутки не превышает 1,1 г/л для всех составов, а на 7 сутки менее 0,85 г/л при содержании портландцемента/цеолит 2,5/2,5 г или 1/1. Таким образом, нами были предложены следующие составы ГЦЦВ. Состав №1: гипс 100%, водотвердое отношение (В/Т) 0,62%. Состав №2: гипс 60%, цемент 20%, цеолит 20%, В/Т 0,53%. Состав №3: гипс 50%, цемент 25%, цеолит 25%, В/Т 0,5%. Состав №4: гипс 50%, цемент 25%, цеолит 25%, 0,75% пластификатора от массы цемента в пересчете на сухое вещество, В/Т 0,4%. Состав №5: гипс 40%, цемент 30%, цеолит 30%, В/Т 0,48%. Контроль водотвердого отношения осуществлялся с помощью вискозиметра Суттарда, расплыв лепешки на котором не превышал 180 ± 5 мм.

Указанные составы твердели в нормальных условиях (одни сутки на воздухе и шесть суток над водой) и пропаривались по режиму 2+2+6+3 при температуре 70 °С, в соответствии с ТУ 5744-007-05292-444-2011. Затем определялась прочность при изгибе, при сжатии и водостойкость (коэффициент размягчения).

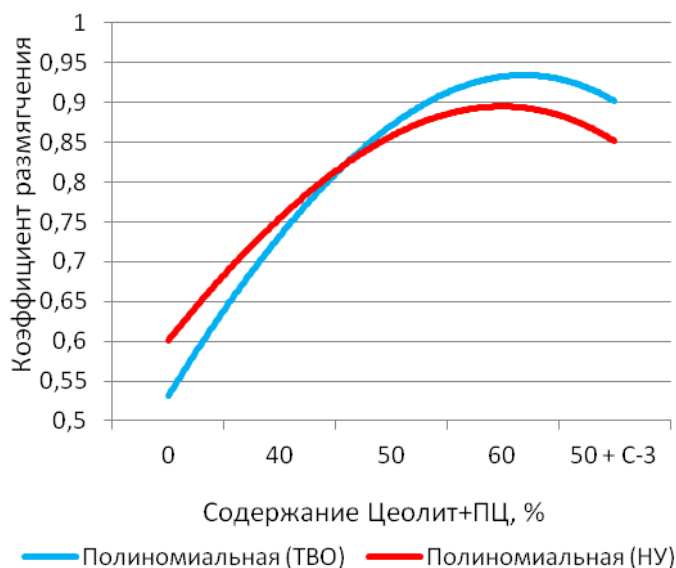


Рисунок 4 – Влияние содержания добавки на водостойкость ГЦЦВ

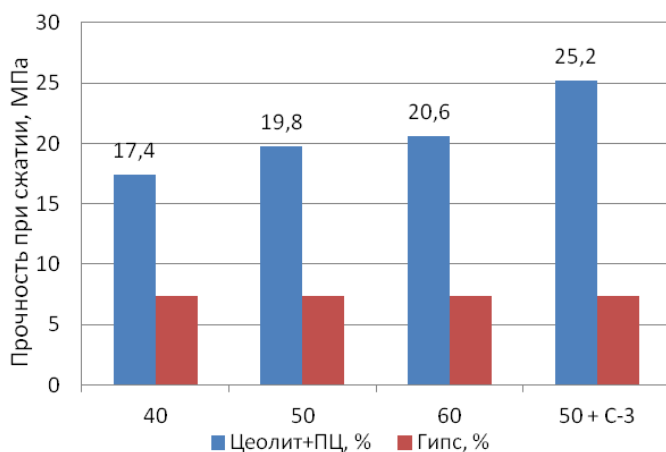


Рисунок 5 – Влияние содержания добавки на прочность при ТВО

На рисунке 2 представлена зависимость коэффициента размягчения от содержания цеолита и портландцемента. С увеличением содержания гидравлического вяжущего повышается водостойкость исследуемых составов. Пропаривание образцов также оказывает положительное влияние на данное свойство.

На диаграмме (рисунок 3) видно, что состав № 2 имеет марку по прочности М150, составы № 3, 5 – М200. Введение пластификатора позволяет получить марку М250.

Таким образом, наиболее оптимальным для ГЦЦВ можно считать состав №3, так как вяжущее при относительно небольшом расходе цемента и цеолита (по 25 %) имеет марку М200 и является водостойким. Экономически целесообразно применять пластифицирующую добавку, которая снижает В/Т, а следовательно, повышает прочность и водостойкость.

Состав № 5 имеет максимальную водостойкость, как впрочем, и следовало ожидать из-за большего расхода гидравлического вяжущего – цемента. При этом он также имеет марку при сжатии М200 и может быть рекомендован для производства объемных элементов в условиях заводов сборного железобетона (сантехкабин, лифтовых шахт, вентиляционных каналов и других конструкций).