

ВЫСОКОПОДВИЖНЫЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ НА ВЫСОКОКАЛЬЦЕВОЙ ЗОЛЕ ТЭЦ

Г. И. Овчаренко, Д. В. Бойков, М. В. Нагель

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Разработаны составы пластифицированных высокоподвижных бетонных смесей П4, П5 с увеличенной долей тонкодисперсного компонента (ПЦ+зола) до 600-700 кг/м³ с соответствующим уменьшением доли щебня до 750-900 кг/м³. Определены оптимальные соотношения между ПЦ и золой, обеспечивающие экономию 16-18% цемента и 6-7% щебня. Показан положительный эффект от введения ВКЗ для устранения негативных явлений, свойственных смесям с высокой подвижностью: водоотделение, расслоение, усадка.

Ключевые слова: высокоподвижные бетонные смеси, высококальцевая зола ТЭЦ, усадка, водоотделение, расслоение.

Введение

В настоящее время в России возводятся три главных типа домов – кирпичные, крупнопанельные и с монолитным каркасом. Но последние годы наблюдается постепенный уход от кирпичного домостроения, так как он подразумевает высокую трудоемкость и более длительные сроки возведения в сравнении с крупнопанельным и каркасно-монолитным способом строительства. Вследствие этого появляется необходимость производить бетонные смеси высокой подвижности П4 и П5 из-за наличия густоармированных конструкций и применения бетононасосов в процессе строительства как наиболее эффективного способа укладки [1].

Производители реализуют традиционный подход при проектировании составов бетонных смесей, опираясь на метод абсолютных объемов, при этом отмечается повышенное водоотделение, расслоение смесей, усадка при твердении бетона, существенный разброс прочности по сечению конструкций. Соответственно возникает потребность в самоуплотняющихся бетонных смесях (СУБ). Первоначально разработанная в Японии, эта технология предполагалась к использованию в качестве компенсации растущего дефицита квалифицированной рабочей силы, но впоследствии оказалась экономически более выгодной [2]. Применение данной технологии подразумевает уменьшение количества крупного заполнителя и, соответственно, увеличения растворной части, что влечет за собой увеличенное содержание вяжущего. При такой схеме необходимо либо увеличивать долю цемента, что в дальнейшем приведет к удорожанию в 1,5 раза стоимости 1 кубомет-

ра бетонной смеси, либо заменять часть вяжущего на тонкодисперсные минеральные компоненты.

Материалы и методы исследования

В настоящей работе в качестве тонкодисперсного компонента использовалась высококальцевая зола (ВКЗ) ТЭЦ-3 г. Барнаула. Ее применение позволяет устранить все вышеотмеченные недостатки высокоподвижных смесей.

В таблице 1 представлено содержание компонентов в пяти исследуемых составах, подобранных таким образом, чтобы постепенно довести содержание растворной части до уровня СУБ, за счет увеличения вяжущей составляющей с различным золо-цементным соотношением и с избытком (повышающий коэффициент) тонкодисперсного компонента за счет удаления соответствующего объема щебня. На рисунке 1 показано различие в содержании растворной части между составом, который подбирался по методу абсолютных объемов и составом, наиболее приближенным к СУБ.

Результаты и их обсуждение

На графике набора прочности образцов при сжатии (рисунок 2) видно, что все образцы кроме 5 показали прочность выше контроля, начиная с 14 суток. Диаграмма сравнения прочностей при сжатии на 28 суток твердения (рисунок 3) показывает, что составы под номерами 3 и 4 с содержанием золы в составе вяжущего 30% и 40% соответственно, показали лучший результат. Та же самая зависимость продемонстрирована в виде модели (рисунок 4), в которой в качестве третьей оси использовался повышающий коэффициент для вяжущей части.

Таблица 1 – Содержание компонентов бетонной смеси

№ состава	Содержание компонентов бетонной смеси на 1 м ³ , кг.						Повыш. ко-эф.
	Цемент	Зола	Щебень	Песок	МК	Вода+добавка	
1 (контроль)	470,0 (19%)	0,0 (0%)	1100,0 (46%)	620,0 (26)	0,0 (0)	226,0 (9%)	-
2	427,0 (18%)	183,0 (8%)	950,0 (39%)	620,0 (26)	0,0 (0)	233,4 (10%)	1,3 (70:30)
3	427,0 (18%)	183,0 (8%)	919,0 (38%)	620,0 (26)	30,5 (1)	229,0 (10%)	1,3 (70:30)
4	462,0 (19%)	310,0 (13)	746,0 (31%)	620,0 (26)	38,0 (2)	238,0 (10%)	1,65 (60:40)
5	446,0 (18%)	446,0 (18)	630,0 (26%)	620,0 (26)	45,0 (3)	270,0 (11%)	1,9 (50:50)
СУБ	500 (21%)	200 (8,3)	700 (30%)	750 (31)	50 (2)	180 (8%)	

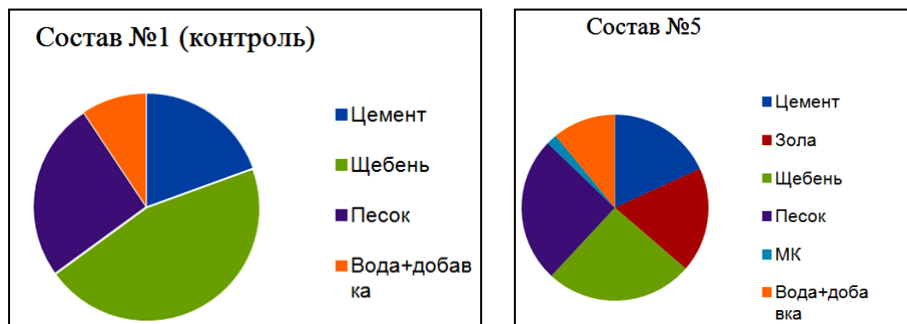


Рисунок 1 – Соотношение компонентов бетонной смеси различных составов

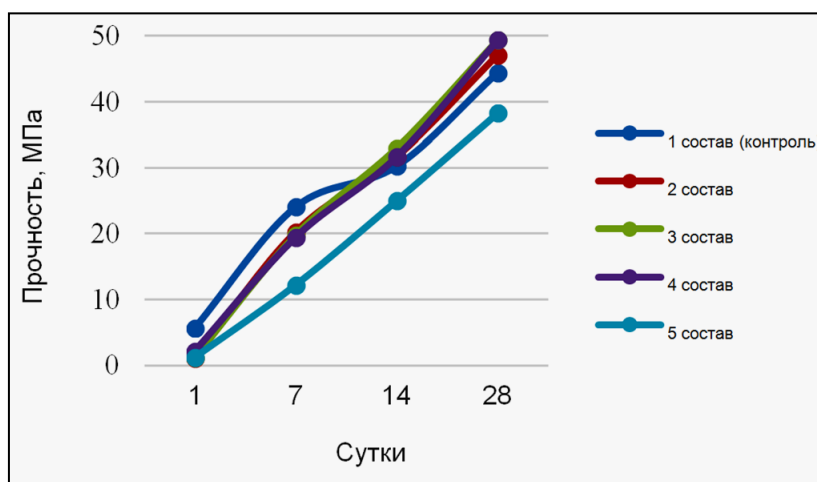


Рисунок 2 – График набора прочности при сжатии

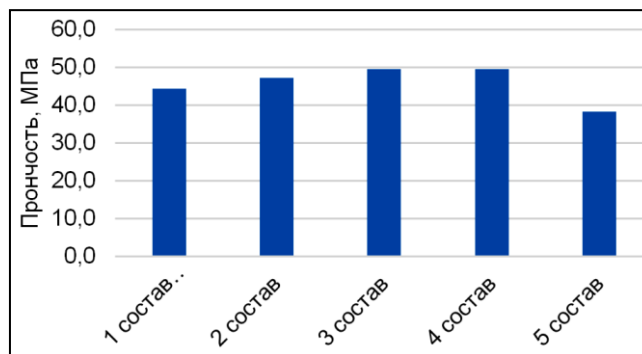


Рисунок 3 – Сравнительная прочность при сжатии на 28 суток

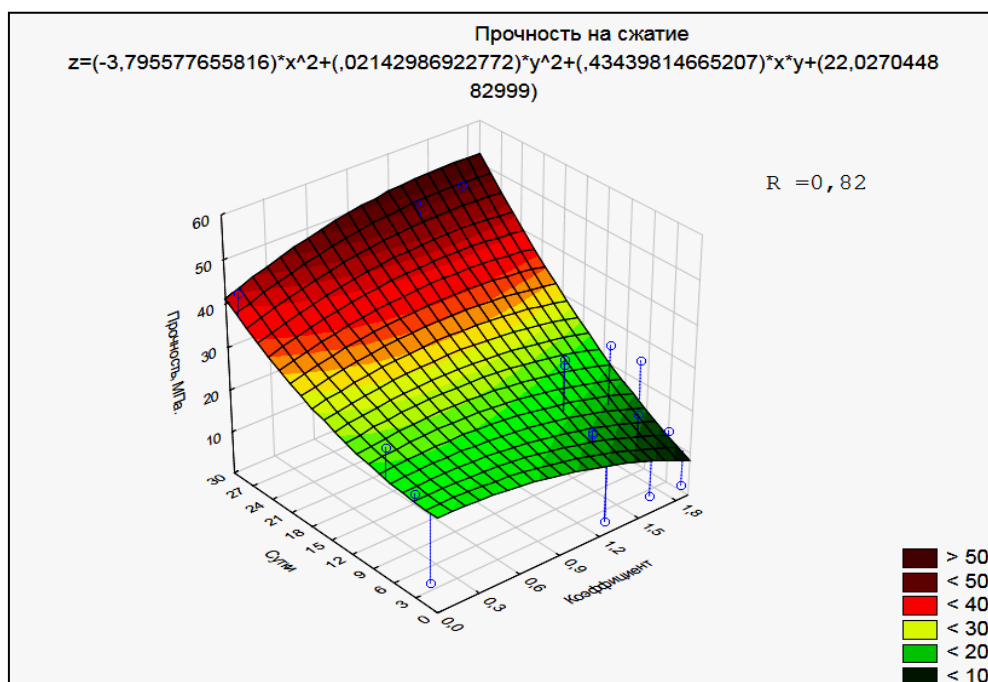


Рисунок 4 – Зависимость прочности при сжатии от содержания растворной части

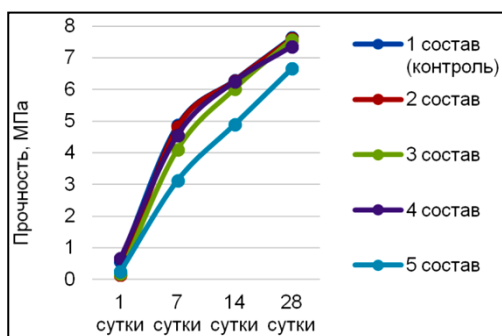


Рисунок 5 – График набора прочности при изгибе

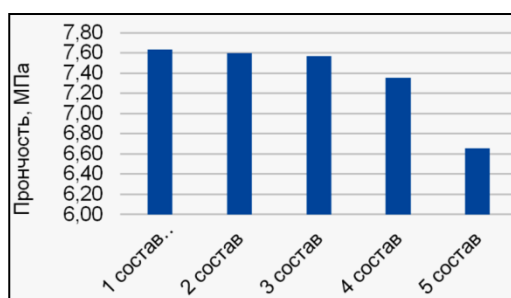


Рисунок 6 – Сравнительная прочность при изгибе на 28 сутки

По результатам испытаний прочности при изгибе, все образцы, кроме 5 состава показали результат аналогичный контролю (рисунок 5). На 28 суток твердения, видно (рисунок 6), что введение золы в количестве 50% в

составе вяжущей части вызывает сильное снижение прочностных характеристик (состав № 5), что может указывать на деструктивные процессы происходящие в цементном камне.

Та же самая зависимость продемонстрирована в виде модели (рисунок 7), в которой в качестве третьей оси использовался повышающий коэффициент для вяжущей части.

На рисунке 8 представлена модель, показывающая собственные деформации, из которой видно изначальное проявление усадки до 0,7 мм/м при отсутствии ВКЗ. В дальнейшем при введении в состав бетонной смеси высококальциевой золы, наблюдается интенсивное возрастание расширения, увеличивающееся до 2 мм/м. Данное явление возникает за счет гидратации «пережженных» СаО и MgO, а также вследствие дополнительного образования этtringита и этtringитоподобных фаз [3].

Для определения возможности устранения негативных эффектов высокоподвижных бетонных смесей с помощью ВКЗ, были проведены серии испытаний на водоотделение, раствороотделение и сохраняемость свойств.

В результате испытаний на водоотделение получена прямая зависимость от введения ВКЗ (рисунок 9). Водоотделение существенно снижается с увеличением количества высококальциевой золы в составе бетонной смеси.

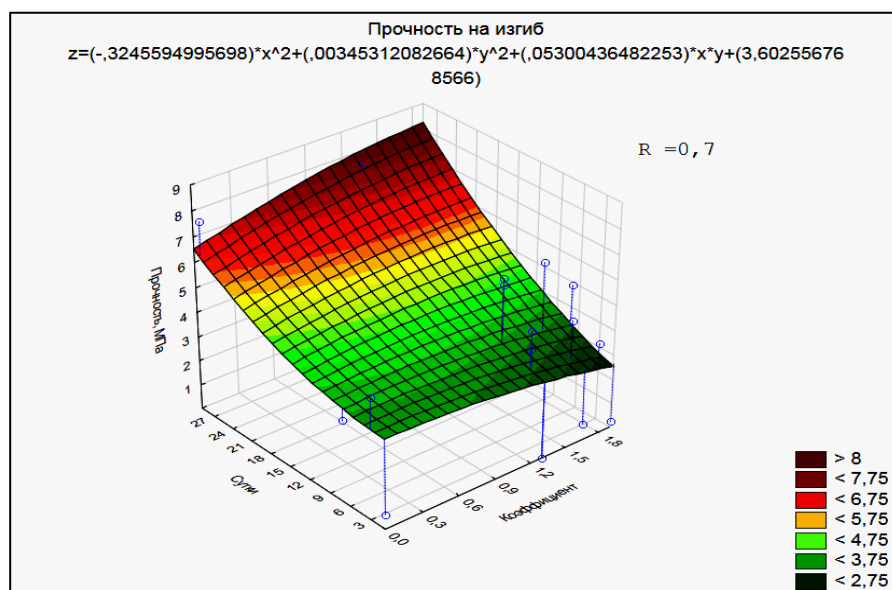


Рисунок 7 – Зависимость прочности при изгибе от содержания растворной части

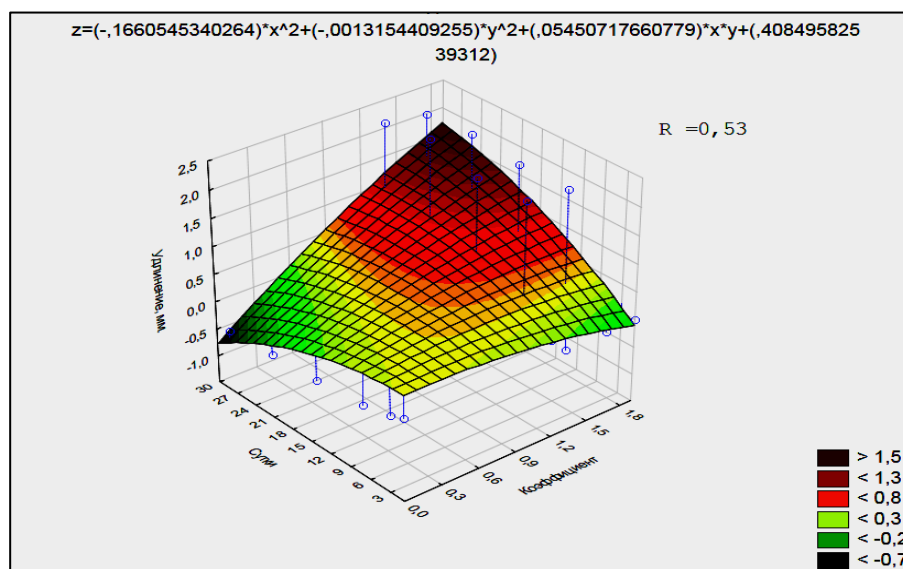


Рисунок 8 – Собственные деформации бетонов

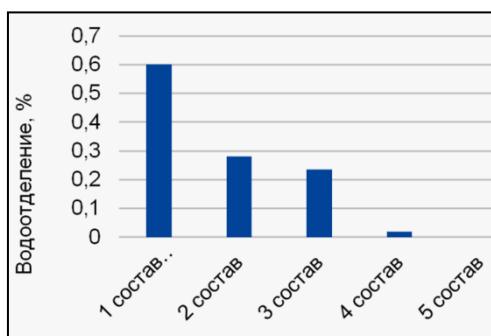


Рисунок 9 – Водоотделение бетонной смеси

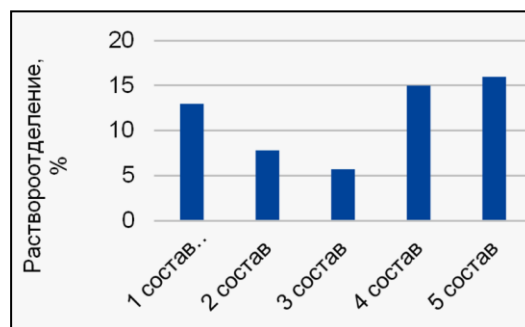


Рисунок 10 – Раствороотделение бетонной смеси

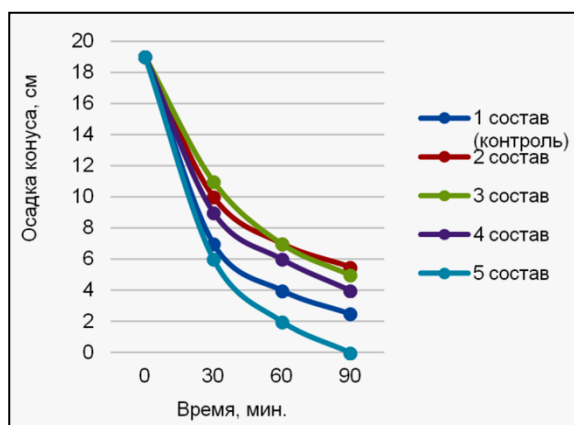


Рисунок 11 – Сохраняемость подвижности бетонной смеси

Исходя из испытания на раствороотделение (рисунок 10) можно выделить состав № 3, показатель раствороотделения которого составил 5,7%, что является близким к указанному в ГОСТ 7473-2010.

В заключительном испытании (рисунок 11) проверялась способность ВКЗ препятствовать потере подвижности смеси с течением времени, что особенно важно для монолитного строительства, так как зачастую приходится транспортировать бетонную смесь на большие расстояния.

По результатам испытания, все составы за исключением 5 показали сохраняемость выше контроля. Наиболее высокий показатель подвижности смеси спустя 90 минут наблюдается у составов № 2 и № 3.

В заводском производстве КПД смесь ВКЗ и цемента, увеличенная по расходу на 20% позволяет экономить около 16-18% цемента и 6-7% щебня. При этом прочность соответствует нормативам, водоотделения бетонных смесей не наблюдается, расслоение находится в рамках нормативов, вместо усадки бетона при последующем твердении отмечается не значительное расширение,

поверхность изделий от категории А6 улучшилась до А4.

Для бетонов монолитного домостроения растворная часть была увеличена на 20-90% при уменьшении расхода щебня на 15-22% и экономии цемента на 20-25%. При этом все характеристики смесей и затвердевших бетонов были улучшены до нормативов.

По результатам данной работы состав №3 с содержанием ВКЗ 30% в составе вяжущего и добавкой МК в количестве 5% от массы вяжущего показал результат превосходящий контроль во всех проведенных испытаниях. Это позволяет с уверенностью утверждать, что высококальцевая зола подходит в качестве замены цемента в высокоподвижных бетонных смесях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. Г. Батраков. – М., 1998. – 768 с.
2. Brian Poulson. Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete // EFNARC. UK. Feb., 2002.
3. Овчаренко, Г. И. Высокоподвижные бетонные смеси для монолитного строительства / Г. И. Овчаренко, Д. В. Бойков, М. В. Нагель // Междунар. сбор. науч. тр. «Эффективные рецептуры и технологии в строительном материаловедении». – Новосибирск, 2017. – С. 200.

Овчаренко Г.И. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: egogo1980@mail.ru.

Бойков Д.В. – аспирант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: egogo1980@mail.ru.

Нагель М.В. – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: egogo1980@mail.ru.