

*Джусупова М.А., Кульшикова С.Т.*

**МАЙДА ДАНДУУ БЕТОНДОРДО КӨМҮРДҮН КҮЙГҮЗҮЛГӨН  
КАЛДЫКТАРЫН ПАЙДАЛАНУУСУ**

*Джусупова М.А., Кульшикова С.Т.*

**МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ УГЛЯ**

*M.A. Dzhusupova, S.T. Kulshikova*

**FINE-GRAINED CONCRETE WITH COAL  
BURNING WASTE**

УДК: 691.327.32: 666.97.035.4 (045/046)

Көмүрдүн күйгүзүлбөгөн калдыктары күл жана шлак түрүндө берилет жана алар чоң аймактарды ээлейт. Макал Бишкек шаарынын ЖЭС күл шлак калдыктарын курулуш индустриясы үчүн чийки зат катары пайдаланганга актуалдуу маселеге арналган. Мындай калдыктарды пайдаланууга, аларды атайын даярданган жана аяктап иштеп чыгууга талап коюлат. Бул изилдөөлөрдө күл шлак калдыктары (КШК) майда дандуу бетондорунда (МДБ) минералдык кошумалар катары колдонулду, алар эки ар түрдүү принципалдуу ыкмалары менен киргизилди. Курама чапташтыргыч заттары катары бетондорго бирге майдаланган портландцемент менен 10-50% КШК колдонулду. Толтургуч катары Васильевка жергиликтүү табигый кум жана майдаланган (0-5 менен 5-10 мм) күйгүзүлгөн шлак фракциялары пайдаланды. Толтургучтар жан курама чапташтыргыч менен 10,30,50% КШК кошулган МДБ ар түрдүү курамдарынын физико-механикалык негизи касиеттерине аныктама жүргүзүлдү. КШК чапташтыргыч 10-30% кошулган курамдын  $R_k^{28} \geq 20$  МПа талап кылынган бекемдиги алынды. Табигый кум жана 5-10 мм фракция кесек шлак толтургучтарынын 1:2:1 катышындагы оптималдуу аралашмасы болуп эсептелет. Дагы бир окшош бекемдик 10% КШК чапташтыргыч менен 0-5 жана 5-10 мм фракция күйгүзүлгөн шлак толтургуч кошулган курамда көрсөтүлөт.

**Негизги сөздөр:** күл абадагы шлак аралашмасы, гранулометриялык курам, фракциялардын тыгыздыгы, аралашманын кыймылдуулугу, суу-цемент катышы, шлак, Васильевский кум, кесек шлак, жылуулук буумен бышыруу, бекемдик.

Отходы сжигания угля представляют несгораемый остаток в виде золы и шлака хранятся в отвалах и занимают огромные территории. Статья посвящена

актуальной проблеме использования золошлаковых отходов ТЭС города Бишкек в качестве сырья для строительной индустрии. Использование таких отходов сдерживается тем, что они требуют специальной подготовки и доработки. В данных исследованиях золошлаковые отходы (ЗШО) использовались в качестве минеральных добавок в мелкозернистый бетон (МЗБ), которые вводились двумя принципиально различными способами: взамен части цемента и заполнителя. В бетоне композиционным вяжущим использовался портландцемент совместно измельченный с ЗШО 10-50%. В качестве заполнителя использовался природный песок Васильевского месторождения и молотый топливный шлак фракций (0-5 и 5-10 мм). Проведен анализ физико-механических свойств различных составов МЗБ на композиционных вяжущих с ЗШО 10; 30 и 50% и заполнителях. Установлено, что в одном составе требуемая прочность бетона  $R_{сж}^{28} \geq 20$  МПа обеспечивается при содержании ЗШС в вяжущем 10-30%. Оптимальной смесью заполнителей является природный песок и грубый шлак фракции 5-10 мм в соотношении – 1:2:1. В другом аналогичная прочность достигается на составе при содержании в вяжущем ЗШО 10% и заполнителя из топливного шлака фракций 0-5 и 5-10 мм.

**Ключевые слова:** золошлаковое вяжущее, гранулометрический состав, золошлаковая смесь, фракции, плотность, подвижность смеси, водоцементное соотношение, топливный шлак, песок Васильевского, грубый шлак, тепловлажностная обработка, прочность.

Coal burning waste is waste from the combustion of coal in the form of ash and slag, which are stored in landfills and occupy large areas. The article is devoted to the current problem of using waste thermal power plants in the city of Bishkek as raw materials for the construction industry. The use of such wastes is held back by the fact that they require special preparation. In these researches of ash and slag

waste was used as mineral additives in fine-grained concrete which were entered in two essentially various ways: instead of a part of cement and filler. Composite binder for grained concrete consist of Portland cement, crushed with ash and slag by 10-50%. The natural sand of the Vasilievsky field and ground crushed slag of fractions (0-5 and 5-10 mm) were used as filler. The analysis of physicomechanical properties of various compositions of fine-grained concrete on composite binder with 10, 30, 50 % ash and slag and fillers. In the first composition, the strength of concrete  $R_c^{28} \geq 20$  MPa it turns out provided when ash and slag by 10-30% and filler is natural sand and rough slag of fraction of 5-10 mm in the ratio – 1:2:1. In another composition, the strength of concrete  $R_c^{28} \geq 20$  MPa is obtained with a waste of ash and slag by 10%, and the filler is a crushed slag from a fraction of 0-5 and 5-10 mm in a 1: 2 ratio.

**Key words:** ash removal, grading, ash mixture, fractions, density, the mobility of the mixture, water/cement ratio, slag, sand Vasilevsk, coarse slag, heat and moisture treatment, strength.

В строительстве в основном применяют золы сухого отбора, которые не требуют предварительной обработки. Их используют в бетонах как микрозаполнитель, который служит для повышения водоудерживающей способности бетонной смеси, уплотнения структуры и т.д. [1,6,7].

Целью исследований является разработка составов мелкозернистого бетона на золошлаковых отходах Бишкекской ТЭС.

Известно, что использование минеральных добавок в бетон позволяет частично заменить цемент и песок. При этом пуццолановая активность проявляется при любых способах введения добавок, но наибольший эффект проявляется во втором случае [2,8,9]. Это объясняется тем, что песок является относительно инертным материалом в отличие от минеральных добавок. Введенные в состав цементных бетонов, они не только участвуют в процессах гидратации цемента, но и выполняют структурообразующую роль на уровне физико-химического взаимодействия частиц бетона как композиционного материала [3].

Предварительные исследования по использованию золошлаковых отходов (ЗШО) в цементном вяжущем 10-50% показали эффективность использования их только при условии активации [4].

Кроме вяжущего особую роль в формировании физико-механических свойств мелкозернистых бетонов (МЗБ) играет качество и состав заполнителей. Главным технологическим приемом для получения мелкозернистого бетона является регулирование гранулометрического состава заполнителей, которые обеспечивают смеси получение бетона с требуемой прочности при минимальной водопотребности [5,7].

Для исследования основных характеристик МЗБ на основе композиционного вяжущего (совместно измельченного цемента и золошлаковой смеси (цементно-золошлакового вяжущего измельченного-ЦЗШВи) в качестве мелкого заполнителя использовался природный песок Васильевского месторождения и различные фракции топливного шлака. Песок из топливного шлака, предварительно измельчался в щековой дробилке, а затем разделялся на грубые фракции (остаток на сите 5 мм) и тонкие фракции, просеянные через сито 5 мм.

Исследования проводились на образцах из МЗБ семи разных составов с различным содержанием заполнителей разных фракций.

Анализ физико-механических свойств МЗБ (рис. 1, 2) на вяжущем ЦЗШВи и шлаковом заполнителе разных фракций показал, что наилучшие показатели прочности получены для составов (1) и (6).

В составе (1) в заполнителе часть шлака заменена природным песком, где подвижность смеси и В/Ц изменялись по мере введения в вяжущее ЗШО 10, 30, 50%. Подвижность смеси при этом составила 3-6 см при В/Ц 0,65-0,77. Плотность образцов в зависимости от содержания ЗШО составила 1740 - 1970 кг/м<sup>3</sup>.

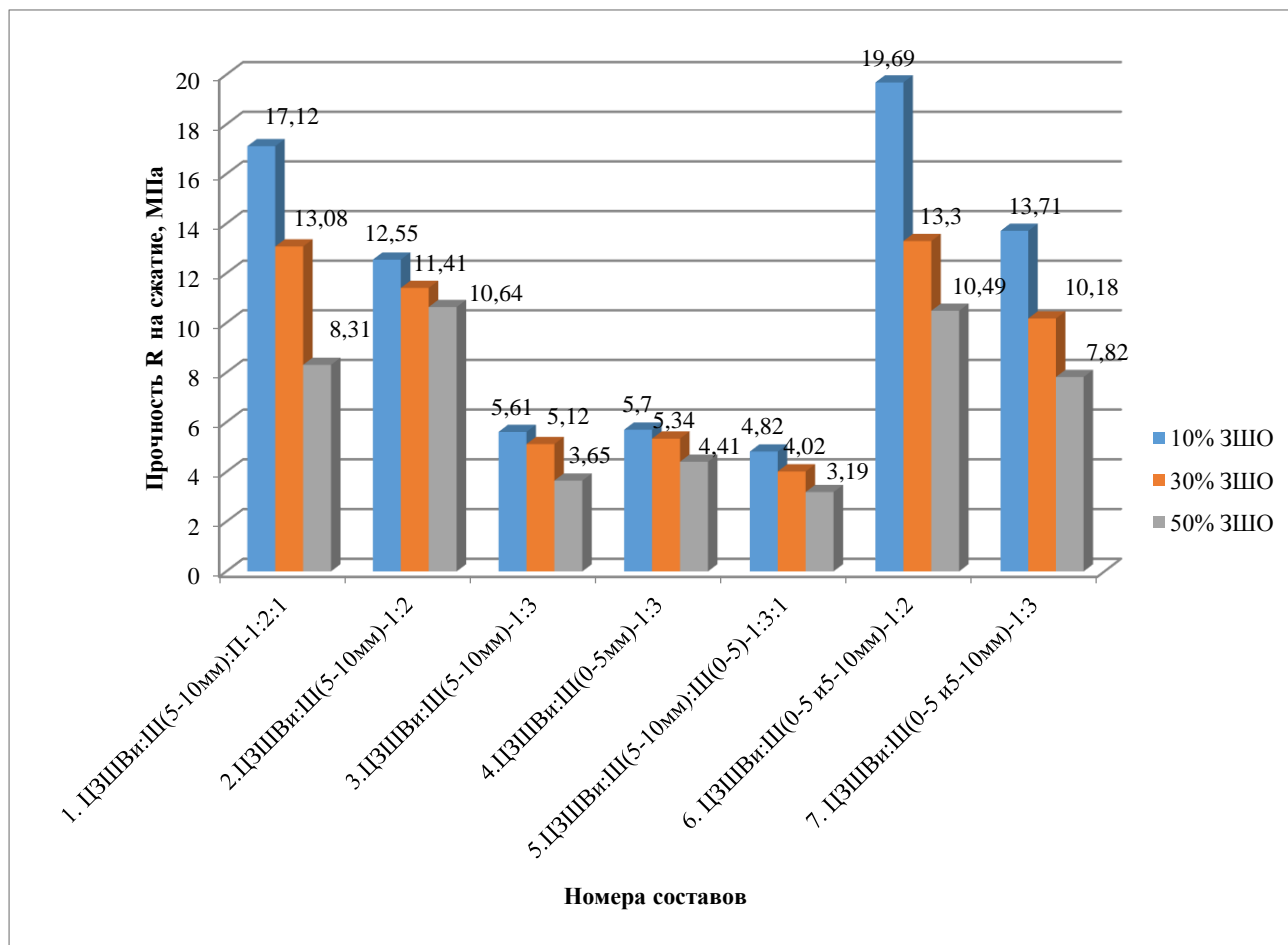


Рис. 1. Прочность МЗБ на вяжущем ЦЗШВи после ТВО.

Показатели прочности после тепловлажностной обработки МЗБ максимальны при 10% золы  $R_{СЖ}^{ТВО} = 17,12$  МПа; при 30%  $R_{СЖ}^{ТВО} = 13,08$  и при 50%  $R_{СЖ}^{ТВО} = 8,31$  МПа. А при увеличении содержания ЗШС от 10 до 50%  $R_{СЖ}^{ТВО}$  снижается на 51,6 %, т.е. почти в два раза (рис. 1). При твердении 28 суток в нормальных условиях (рис. 2) эти показатели составляют – при 10% золы  $R_{СЖ}^{28} = 22,5$ ; при 30%  $R_{СЖ}^{28} = 20,28$  и при 50%  $R_{СЖ}^{28} = 10,31$  МПа. Здесь наблюдается снижение прочности по мере наполнения вяжущего золой после 28 суток на 54%.

В (1) составе при 10% содержании ЗШО прочность МЗБ составила  $R_{СЖ}^{ТВО} = 17,12$  МПа и  $R_{СЖ}^{28} = 22,5$  МПа. Наличие в вяжущем 30% ЗШО обеспечило прочность образцов МЗБ составила  $R_{СЖ}^{ТВО} = 13,08$  МПа и  $R_{СЖ}^{28} = 20,28$  МПа. Для вяжущего с 50% ЗШО прочность  $R_{СЖ}^{ТВО} = 8,31$  МПа и  $R_{СЖ}^{28} = 10,31$  МПа соответственно. Здесь наблюдается рост показателей прочности МЗБ за счет дальнейшего твердения клинкерных минералов и пуццоланической активности ЗШО и топливного шлака.

Для состава (6), где заполнителем является молотая смесь шлака из фракций 0-5 и 5-10 мм, при 10% содержании ЗШС в вяжущем  $R_{СЖ}^{ТВО} = 19,69$  МПа и  $R_{СЖ}^{28} = 20,91$  МПа. При 30% ЗШС  $R_{СЖ}^{ТВО} = 13,3$  МПа и  $R_{СЖ}^{28} = 16,1$  МПа. Максимальное наполнение 50% обеспечивает прочности  $R_{СЖ}^{ТВО} = 10,49$  МПа и  $R_{СЖ}^{28} = 12,49$  МПа.

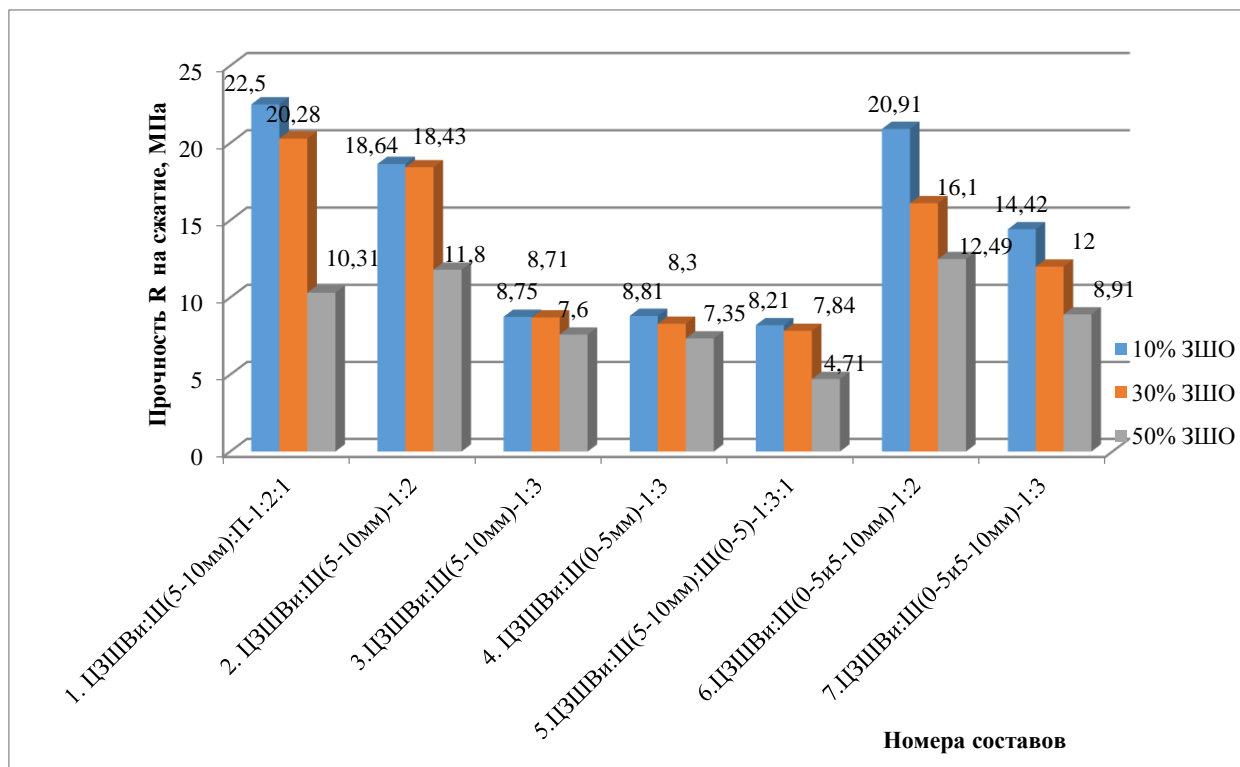


Рис. 2. Прочность МЗБ на вяжущем ЦЗШВи после 28 суток твердения.

Таким образом, анализируя физико-механические свойства МЗБ семи разных составов на композиционном вяжущем с содержанием ЗШС 10; 30 и 50% можно отметить:

- образцы МЗБ на композиционном вяжущем с содержанием ЗШО (30 и 10%) характеризуются более высокой прочностью, что подтверждает доминирующую роль клинкерных минералов в упрочнении цементно-золошлакового камня.

- использование предварительно измельченных топливных шлаков в качестве мелкого заполнителя в составе МЗБ и композиционного цементно-золошлакового вяжущего позволяет получать изделия требуемой прочности (М100-200);

- прочность  $R_{сж}^{28} \geq 20\text{МПа}$  МЗБ обеспечивается на составах (1) при содержании ЗШС в вяжущем 10-30%, где в качестве мелкого заполнителя использовались природный песок и грубый шлак в соотношении ЦЗШВи:Щ (5-10 мм):П – 2:2:1.

- составе (6) прочность  $R_{сж}^{28} \geq 20\text{МПа}$  МЗБ обеспечивается при содержании в вяжущем

ЗШС 10% и мелком заполнителе, представляющего собой измельченный топливный шлак фракций 0-5 и 5-10 мм.

#### Литература:

1. Баженов Ю.М., Воронин В.В., Алимов Л.А., Бахрах А.М., Ларсен О.А., Соловьев В.Н., Нгуен Дык Винь Куанг. Высококачественные самоуплотняющиеся бетоны с использованием отходов сжигания угля / Вестник МГСУ. 2017. Т.12. Вып.12 (111). - С. 1385-1391.
2. Зоткин А.Г. Микронаполняющий эффект минеральных добавок в бетоне / Бетон и железобетон. - 1994. №3. - С.7-9.
3. Соломатов В.И., Кононова О.В. Особенности формирования свойств цементных композиций при различной дисперсности цементов и наполнителей / Строительство и архитектура. Серия Известия вузов. 1991. №8. - С. 50-53.
4. Джусупова М.А., Кульшикова С.Т. Композиционные вяжущие на основе отходов / Актуальная наука, 2017. - №5. Волгоград. [actual-science@mail.ru](mailto:actual-science@mail.ru).
5. Джусупова М.А., Кульшикова С.Т. Получение мелкозернистого бетона с использованием золы гидроудаления / Вестник КГУСТА. - Выпуск, №4. - Бишкек, 2018.
6. Уханов А.В. Опыт и нормативная база по использованию сухой летучей золы ТЭС России при производстве бетонов, строительных растворов и сухих строительных смесей / Материалы V конференции

«Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование». - Москва, 24-25 апреля 2014. - М.: Полиграфический центр МЭИ, 2014. - С. 51-57.

7. Буравчук Н.И. Ресурсосбережение в технологии строительных материалов: учебное пособие / Н.И. Буравчук. – Ростов на Дону: Изд-во ЮФУ, 2009. – 224 с.
8. Мавлянов А.С., Абдыкалыков А.А., Ассакунова Б.Т. Закладочные смеси с использованием золошлаковых

цементов. / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №1. - Бишкек, 2016. - №1. - С. 20-23.

9. Мавлянов А.С., Абдыкалыков А.А., Ассакунова Б.Т. Формирование местной сырьевой базы стройиндустрии. / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №1. - Бишкек, 2016. - С. 29-33.

**Рецензент: к.т.н., доцент Маданбеков Н.Ж.**

---