



УДК:691.327.32:666.97.035.4 (045/046)

**М.А. ДЖУСУПОВА**  
КГУСТА им. Н. Исанова,  
г.Бишкек, Кыргызская Республика  
dzmahavat@ gmail.com  
**М.А. DZHUSUPOVA**  
KSUCTA n.a. N. Isanov,  
Bishkek, Kyrgyz Republic

**С.Т. КУЛЬШИКОВА**  
КГУСТА им. Н. Исанова,  
г.Бишкек, Кыргызская Республика  
[saule.kulshikova@mail.ru](mailto:saule.kulshikova@mail.ru)  
**S.T. KULSHIKOVA**  
KSUCTA n.a. N. Isanov,  
Bishkek, Kyrgyz Republic

*E.mail. [ksucta@elcat.kg](mailto:ksucta@elcat.kg)*

## ПОЛУЧЕНИЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛЫ ГИДРОУДАЛЕНИЯ

### PRODUCTION OF FINE CONCRETE USING WATER REMOVAL ASH

*Бул макалада БЖЭС калдыктарын пайдаланууга арналган. Физико-механикалык негизи касиеттери жана бетондун оптималдуу курамы иштелип чыккан. Майда дандуу бетондун гранулометрикалык курамын оптималдаштыруу үчүн күл шлактар толтургуч катары колдонулган.*

**Өзөктүү сөздөр:** суусу кургатылган күл, күл шлак аралашмасы; гранулометриялык курам, фракциялардын тыгыздыгы, аралашманын кыймылдуулугу, суу-цемент катышы, шлак, асилевский куму, кесек шлак, жылуулук, буу менен бышыруу, бышыктык.

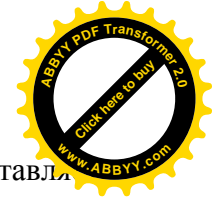
*Статья посвящена проблеме использования отходов БТЭС. Исследованы основные физико-механические свойства и разработаны оптимальные составы мелкозернистого бетона. Подобран оптимальный гранулометрический состав золошлаковых отходов для использования их в качестве заполнителей для бетона.*

**Ключевые слова:** зола гидроудаления; гранулометрический состав, золошлаковая смесь, фракции, плотность, подвижность смеси, водоцементное соотношение, шлак, песок Василевского, грубый шлак, тепловлажностная обработка, прочность.

*The article is devoted to the problem of utilization of waste from BTES. The basic physicomachanical properties are investigated and the optimal compositions of fine-grained concrete are developed. The optimal particle size of ash and slag wastes was selected for use as aggregates for concrete.*

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

В результате деятельности предприятий топливно-энергетического комплекса Кыргызстана образуются крупнотоннажные отходы [3]. Наиболее изученным как сырье



для строительных материалов являются золошлаковые отходы, которые составляют свыше 8 млн.т. в год. Однако вопрос широкомасштабной их утилизации стоит довольно остро на сегодняшний день.

В зависимости от отбора, горения и хранения отходы делятся на: зола гидроудаления, золошлаковая смесь (ЗШС) и топливный шлак.

В исследованиях при подборе состава мелкозернистого бетона (МЗБ) использовалась зола гидроудаления (ГУ), которая перемешивается с водой при влажности 40-50% и пневмонасосом транспортируется в золоотвалы.

Анализ химического состава золы ГУ и ЗШС показывает, что в них практически отсутствует свободная известь, потери при прокаливании составляют (12,13...15,30); содержание глинозема ( $Al_2O_3$ ) -20,00..21,58%.

Различные приемы введения золы ГУ к цементу показали, что наиболее эффективным является использование их в измельченном виде. Активизация позволяет значительно увеличить гидравлическую активность и стабилизировать физико-химические характеристики. Разработанные ранее малоклинкерные вяжущие с содержанием золы ГУ 10-50% рекомендованы для использования в мелкозернистых бетонах [2].

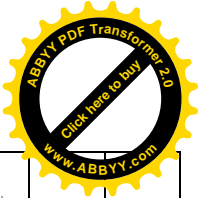
Целью исследования является разработка составов мелкозернистого облегченного бетона с использованием отходов БТЭС.

Регулирование гранулометрического состава является главным технологическим приемом для получения МЗБ. При использовании непрерывной гранулометрии общим является повышенная пустотность в рыхлом состоянии, наименьшая расслаиваемость, лучшая удобоукладываемость. Наилучшими прочностными и деформативными свойствами обладает бетон с зернами  $d_{max}=10$ мм и 8-15 % зерен 5-10мм. Закономерность свойственная МЗБ – при уменьшении соотношения Ц:Ш (от 1:3 к 1:2), оптимальное содержание в шлаке фракций < 0,16мм постоянно увеличивается [6].

В таблице 1 представлены 7 различных составов мелкозернистого бетона на основе золы гидроудаления ЦЗВ с содержанием золы 10, 30, 50%.

Таблица 1 - Физико-механические характеристики МЗБ на основе цементнозолных вяжущих (ЦЗВ)

№ состава	Соотношение компонентов	Подвижность смеси, см			В/Ц			Плотность образца ( $\rho$ ) кг/м <sup>3</sup>			прочность при сжатии, МПа					
		% золы			% золы			% золы			После ТВО			28 сут возрасте при твердении в НУ.		
		10	30	50	10	20	30	10	30	50	10	30	50	10	30	50
1	ЦЗВ-1 груб. Шлак (5-10мм)-2 песок -1 1:2:1	5	5	6,5	0,65	0,6	0,6	2000	1990	1970	16,2	15,82	11,92	20,8	17,7	15,7
2	ЦЗВ-1 груб. шлак (5-10мм) - 2 1:2	6	5,5	6	0,7	0,6	0,65	1900	1860	1900	14,75	13,2	11,3	21,2	16,8	16,2



3	ЦЗВ -1 груб.шлак(5-10мм) - 3 1:3	6	6	6	0,71	0,87	0,93	1780	1850	1760	7,4	7,1	5,82	10,41	10,6	10,2
4	ЦЗВ -1 шлак (0-5мм) - 3 1:3	5	4,5	5,5	1,07	0,8	0,33	1710	1810	1800	6,12	8,56	3,2	7,3	11,8	11,21
5	ЦЗВ-1 груб.шлак (5-10мм)-3 шлак--1 1:3:1	5	5	5,5	1,0	0,93	1,0	1700	1720	1600	5,1	3,91	6,31	8,9	4,7	6,41
6	ЦЗВ-1 шлак (0-5мм) -2 1:2	4,5	4,6	4	0,61	0,6	0,59	1850	1800	1850	24,3	12,8	10,3	26,5	23,4	18,64
7	ЦЗВ-1 шлак (0-5мм) -3 1:3	6	4	4	0,7	0,65	0,78	1820	1780	1800	20,1	9,3	7,4	21,6	14,4	10,2

В качестве мелкого заполнителя использовался природный песок Васильевского месторождения и топливный шлак, который был предварительно разделен на грубые фракции 5-10 мм и мелкие менее 5мм.

Исследованиями установлено, что рациональной является такая гранулометрия шлака, которая обеспечивает минимальную водопотребность бетонной смеси для получения бетона требуемой прочности и долговечности при оптимальном соотношении ЦЗВ : Ш.

Образцы из МЗБ на основе цементных зольных вяжущих (ЦЗВ) с содержанием золы ГУ (10, 30, 50%) и топливном шлаке характеризуются достаточной прочностью при сжатии как при ТВО 5,11 - 24,3 МПа, так и в условиях нормального твердения от 6,41 МПа до 26,5МПа. При замене цемента золой повышается удобоукладываемость бетонной смеси, что можно объяснить пластифицирующим действием золы за счет того, что в золе в основном зерна округлой формы.

Из приведенных данных следует, что почти равнозначная подвижность смеси (4-4,6см) достигается при В/Ц 0,65-0,78 (состав б) при соотношении вяжущего к заполнителю 1:2. С увеличением количества шлакового заполнителя увеличивается водопотребность смеси. Образцы из указанных составов характеризуются плотностью 1800-1820кг/м<sup>3</sup>. Образцы, подвергнутые ТВО, характеризуются прочностью 24,3МПа, 12,8 МПа и 10,3 МПа. Образцы нормального твердения 28 суточного возраста характеризуются прочностью 26,5 МПа, 23,4 МПа и 18,64 МПа.

По-видимому, в приведенных составах в зольной части цемента недостаточно более активной стеклофазы, поэтому в наборе прочности эффект повышения прочности золосодержащих цементов при ТВО не оказывается столь заметным.

В смеси 6 в качестве заполнителя используется смесь шлака фракций 0-5, соотношение компонентов вяжущее – заполнитель составляет 1:2.

Повышенные прочности образцов нормального твердения, показывают о доминирующей роли минералов клинкера в процессе гидратации и наборе прочности, т.к. в последних образцах и степень гидратации выше. Более высокая плотность и прочность образцов из составов смеси б показывает о предпочтительном использовании в качестве заполнителя в МЗБ смеси шлака по гранулометрическому составу.

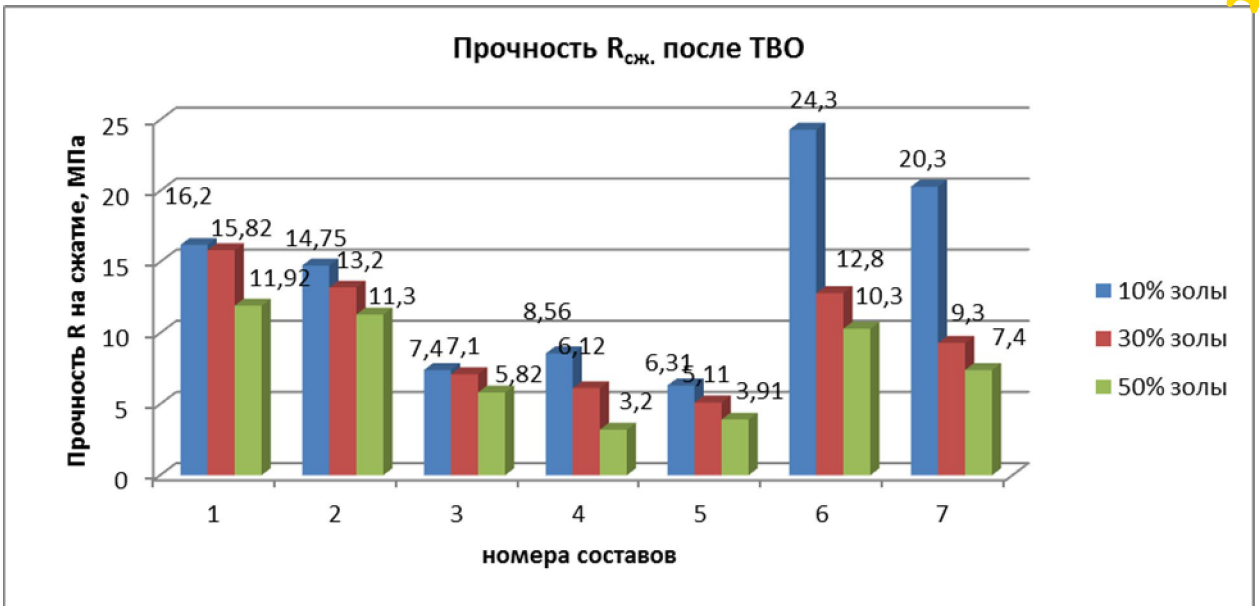
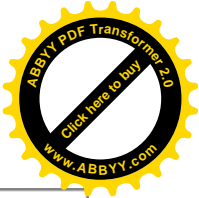


Рис.1. Прочность МЗБ после ТВО на вяжущем с золой ГУ и заполнителей из шлака

Прочность образцов из МЗБ, изготовленных на композиционных вяжущих с более низким содержанием золы гидроудаления (30 и 10%), характеризуются более высокой прочностью. Наибольшие показатели прочности  $R_{сж.}^{ТВО} = 20,3-24,3$  МПа (10%) и  $R_{сж.}^{ТВО} = 9,3-12,8$  МПа (30%) характерны для составов (6) и (7). Здесь содержание золы ГУ в вяжущем колеблется в пределах 10-30%, а мелкий заполнитель (шлак) представлен фракцией 0-5мм.

Для этой серии образцов выявлена закономерность: образцы, твердевшие в нормальных условиях в 28 суточном возрасте, характеризовались прочностью более высокой, чем при тепловлажностной обработке. Это можно объяснить преобладающей ролью цементных минералов в процессе гидратации, чем активацией золы. Это подтверждено степенью гидратации цементного камня.

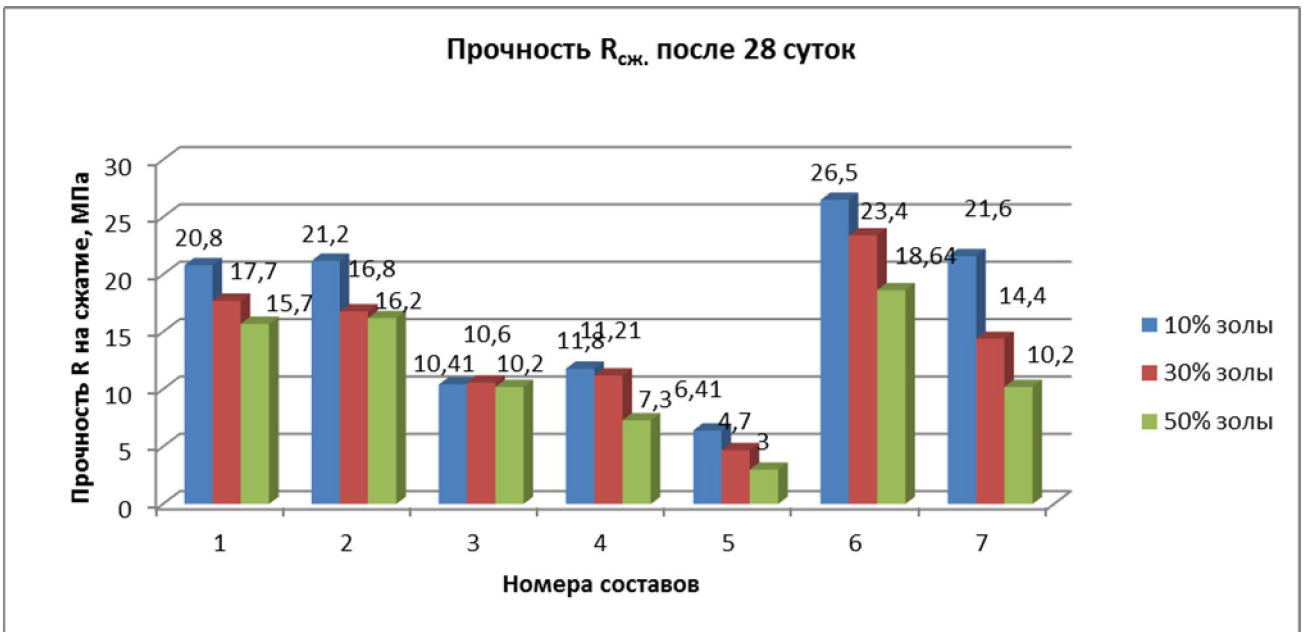


Рис. 2. Прочность МЗБ после 28 суток при НУ на вяжущем с золой ГУ и заполнителей из шлака



Получение мелкозернистого бетона заключается не только в использовании оптимальной гранулометрии заполнителя, но и в использовании минеральных наполнителей, которые полно проявляют себя в цементно-песчаных смесях с высоким содержанием вяжущего [7].

Для МЗБ наибольшая прочность  $R_{сж}^{28} = 21,5-26,5$  МПа (10%) и  $R_{сж}^{28} = 14,4-23,4$  МПа (30%) характерна также для составов (6) и (7) с содержанием золы ГУ в вяжущем 10-30%.

Таким образом, топливные шлаки могут применяться в качестве мелкого заполнителя в составе облегченного МЗБ достаточно высокой прочности (М100-200). Причем в качестве вяжущего может использоваться совместно измельченная смесь цемента и золы ГУ от 10-50%. Установлено целесообразность использования смеси топливных шлаков фракций: 5-10 и 0-5мм.

В оптимальных составах замена части цемента золой ГУ при расходе вяжущего  $250\text{кг/м}^3$  обеспечивается без снижения прочности. Что эффективно для пропаренного бетона по сравнению с бетоном естественного твердения.

### Список литературы

1. Баженов Ю.М. Высокопрочный мелкозернистый бетон [Текст] / Ю.М. Баженов // Строительные материалы. – 2000. - №2. - с.24-25.
2. Джусупова М.А. Композиционные вяжущие на основе отходов [Текст] / М.А.Джусупова, С.Т.Кульшикова // Актуальная наука. – 2017. - №5.
3. Джусупова М.А. Особенности получения композиционного цементнозольного вяжущего [Текст] / М.А.Джусупова, С.Т.Кульшикова Regional Academy of Management European Scientific Foundation Institute Materials of theII International scientific-practical conference «THE EUROPE AND THE TURKIC WORLD: SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY» May 29-31 2017г. Измир, Турция
4. Баженов Ю.М. Технология бетона [Текст] / Ю.М.Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2002.
5. Абдыкалыков А.А. Оптимизация зернового состава заполнителя для бетонов [Текст] / А.А.Абдыкалыков // Сб. научных трудов КыргызНИИП строительства (1994-1995гг.) – Бишкек: Илим, 1995. - с. 150-157.
6. Джусупова М.А. Оптимизация зерновых составов бетонов с использованием компьютерного моделирования [Текст] /М.А. Джусупова, А. Талантбек к. // Вестник КГУСТА . – 2018. - Вып 2(60).
7. Баженов Ю.М. Мелкозернистые бетоны [Текст]: учебное пособие / Ю.М. Баженов, У.Х. Магдеев. – М.: МГСУ, 1998.