

**ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
БЛОКОВ ИЗ ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ  
ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**EFFECT OF HUMIDITY ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF BLOCKS  
FROM LIGHTWEIGHT CONCRETE BASED ON CORN WASTE  
FOR THE CONSTRUCTION OF TEXTILE ENTERPRISES**

*Б.Б. КУЛЬШАРОВ*

*B.B. KULSHAROV*

(Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Республика Казахстан)

(Aktobe Regional University named after. K. Zhubanova, Republic of Kazakhstan)

E-mail: berikbai\_79@mail.ru

*В настоящее время текстильная отрасль расширяется бурными темпами. Строятся новые здания для текстильных фабрик и заводов в различных регионах России и за ее пределами. В районах Средней Азии наиболее распространенным строительным материалом является легкий бетон на органических заполнителях – арболит. Заполнители – отходы растительной продукции. Среди них хорошо зарекомендовали себя кукурузные отходы, которые хорошо сцепляются со шлакощелочным вяжущим, образуя прочный композит. Блоки из данного материала используются при строительстве зданий средней этажности. Они экологичны, обладают хорошей тепло- и звукоизоляцией, высоким звукопоглощением, снижают вибро- и звуковую нагрузку помещений, что позволяет их рекомендовать для организации цехов в текстильной промышленности.*

*Настоящее исследование подтвердило критическую важность учета влажности кукурузных отходов при производстве шлакощелочного легкого бетона. Влажность материала существенно влияет на его физико-механические свойства, включая прочность, плотность и долговечность. Установлено, что оптимизация условий хранения и обработки кукурузных отходов может значительно улучшить прочностные характеристики готового строительного материала. Для достижения наилучших результатов необходимо обеспечить точное содержание влаги в кукурузных отходах на всех этапах их переработки и использования.*

*Currently, the textile industry is expanding at a rapid pace. New buildings are being built for textile factories and factories in various regions of Russia and beyond. In the regions of Central Asia, the most common building material is lightweight concrete with organic aggregates - arbolite. Fillers are waste plant products. Among them, corn waste has proven itself well, as it adheres well to the slag-alkaline binder, forming a durable composite. Blocks made from this material are used in the construction of mid-rise buildings. They are environmentally friendly, have good heat and sound insulation, high sound absorption, reduce the vibration and sound load of the premises, which allows them to be recommended for organizing workshops in the textile industry.*

*This study confirmed the critical importance of considering the moisture content of corn waste in the production of slag-alkaline lightweight concrete. The moisture*

*content of a material significantly affects its physical and mechanical properties, including strength, density and durability. It has been established that optimizing the conditions for storing and processing corn waste can significantly improve the strength characteristics of the finished building material. To achieve the best results, it is necessary to ensure the exact moisture content of corn waste at all stages of its processing and use.*

**Ключевые слова:** текстильная промышленность, строительство, блоки, влажность, прочностные характеристики, легкий бетон, кукурузные отходы, водопоглощение.

**Keywords:** textile industry, construction, blocks, moisture, strength characteristics, lightweight concrete, corn waste, water absorption.

В настоящее время текстильная отрасль расширяется бурными темпами. Строятся новые здания для текстильных фабрик и заводов в различных регионах России и за ее пределами. В районах Средней Азии наиболее распространенным строительным материалом является легкий бетон на органических заполнителях – арболит. Заполнители – отходы растительной продукции. Среди них хорошо зарекомендовали себя кукурузные отходы, которые хорошо сцепляются со шлакощелочным вяжущим, образуя прочный композит. Блоки из данного материала используются при строительстве зданий средней этажности. Они экологичны, обладают хорошей тепло- и звукоизоляцией, высоким звукопоглощением, снижают вибро- и звуковую нагрузку помещений, что позволяет их рекомендовать для организации цехов в текстильной промышленности.

Использованию растительных отходов в производстве строительных материалов посвящены многочисленные исследования [1...5]. Наибольший интерес представляют работы, в которых исследуются физико-механические свойства легких бетонов с добавлением различных растительных наполнителей, таких как тростник, конопляная костра, стебли винограда, рисовая солома и другие. В исследованиях подчеркивается важность выбора оптимальных условий обработки и хранения растительных наполнителей, чтобы обеспечить их наилучшие свойства в составе бетона [6, 7].

Особое внимание уделяется вопросам взаимодействия органических заполните-

лей с минеральными компонентами бетона и влиянию влажности на прочностные характеристики готового материала. Предыдущие исследования показывают, что влажность растительных наполнителей существенно влияет на структуру и прочностные характеристики бетонов. Однако вопрос влияния влажности кукурузных отходов на прочностные характеристики шлакощелочного легкого бетона остается недостаточно изученным [6, 8].

Кукурузные отходы собирались на агропромышленном предприятии Республики Казахстан. Сырье измельчалось на измельчительной машине марки Tazz K32 со снятыми решетками для контроля степени измельчения. Исследования проводились с использованием кукурузных отходов разной фракции: 40 мм, 30 мм, 20 мм, 1,25 мм, 0,63 мм, 2,5 мм, 20-30 мм [8, 9, 11].

Насыпная плотность кукурузных отходов определялась методом взвешивания при влажности 12 %.

Для определения водопоглощения использовали образцы кукурузных отходов размером 30-40 мм. Образцы полностью погружались в воду и удерживались под силовым агрегатом в течение 24 часов при температуре 20 °С [16]. Периодически образцы извлекались из воды, сушились на фильтровальной бумаге и взвешивались для расчета среднего водопоглощения. Средний уровень водопоглощения для кукурузных отходов разной плотности представлен на рис. 1.

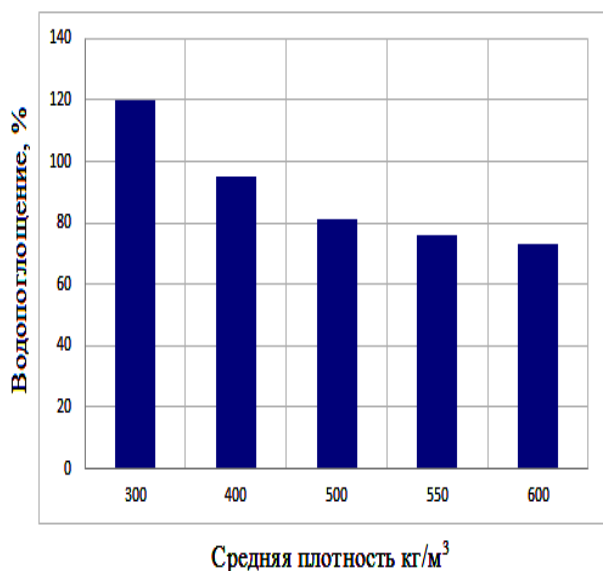


Рис. 1

Шлакощелочной легкий бетон готовился с использованием смеси, включающей фосфорный шлак, золу-уноса, 7 % портландцементного клинкера и щелочной раствор на основе содово-сульфатной смеси жидкого стекла. Пробы бетона изготавливались с различным содержанием кукурузных отходов и различной их влажностью.

Прочностные характеристики бетона определялись на основе стандартных методов испытания на сжатие. Образцы выдерживались в нормальных условиях до достижения 28-дневного возраста, после чего проводились испытания на прочность [10, 12].

Измерение насыпной плотности кукурузных отходов привело к получению следующих результатов, представленных в таблице. Эти данные получены в результате тщательных экспериментов, проведенных с различными фракциями кукурузных отходов, и отражают их физические свойства в условиях различной влажности и степени измельчения [12, 14].

Т а б л и ц а 1

Размер фракции	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>
40 мм	170
30 мм	190
20 мм	170
1,25 мм	250
0,63 мм	110
2,5 мм	162
20-30 мм	165

Средний уровень водопоглощения для кукурузных отходов различных диаметров следующий:

- 10 мм: 69,2 %;
- 15 мм: 70,1 %;
- 20 мм: 71,1 %;
- 25 мм: 67,9 %;
- 30 мм: 68,1 %;
- 35 мм: 65,3 %;
- 40 мм: 63,5 %.

Прочностные характеристики бетонов варьировались в зависимости от влажности кукурузных отходов и их фракции. Из проведенных экспериментов было выявлено, что различные уровни влажности и размеры частиц кукурузных отходов оказывают значительное влияние на прочность получаемого бетона. Наибольшая прочность наблюдалась при использовании отходов с фракционным диаметром 35-40 мм и влажностью 10-12 % и достигала до 3,5 МПа на 28 сутки. Такие фракции и оптимальная влажность создают более плотную и устойчивую структуру бетона, что способствует улучшению его механических свойств [16].

Бетоны, изготовленные с использованием более мелких фракций кукурузных отходов или при других уровнях влажности, показывали худшие прочностные характеристики. Это может быть связано с тем, что суммарная площадь мелких частиц больше по сравнению с крупными, что увеличивает потребность в связующем материале и может привести к повышенной гигроскопичности и, как следствие, к большей вероятности изменения прочности из-за колебаний влажности [6, 7, 15].

Оптимальные условия хранения и предварительной обработки кукурузных отходов, такие как сушка до необходимого уровня влажности и использование соответствующих дробильных устройств, также играют ключевую роль в достижении максимальной прочности бетона.

Результаты исследований показывают, что влажность кукурузных отходов оказывает значительное влияние на прочностные характеристики шлакощелочного лег-

кого бетона. Наибольшая прочность бетона достигается при использовании сухих отходов с минимальной влажностью. Важно отметить, что водорастворимые вещества могут вызывать нежелательные химические реакции, приводящие к снижению прочности бетона, однако при минимальной влажности эти процессы не происходят, что способствует получению более прочного материала.

Установлено, что предварительная обработка органических заполнителей щелочным раствором способствует улучшению качества бетонов. Это связано с удалением гидролизуемых и водорастворимых веществ, которые могут негативно влиять на прочность. Обработка щелочным раствором позволяет нейтрализовать потенциально вредные компоненты и повысить адгезию между заполнителем и вяжущим, что улучшает структуру бетона и его механические свойства.

Увеличение размера частиц органических заполнителей снижает среднюю плотность бетона и одновременно увеличивает его прочность на сжатие. Это связано с более равномерным распределением напряжений в структуре бетона. Крупные частицы создают прочный каркас внутри материала, который способствует равномерному распределению нагрузок и уменьшению концентрации напряжений, что в итоге повышает прочностные характеристики. Таким образом, выбор оптимального размера частиц и уровня влажности кукурузных отходов является ключевым фактором для достижения высоких показателей прочности и долговечности шлакощелочного легкого бетона.

Эти результаты подтверждают, что управление влажностью и размером частиц кукурузных отходов является важным аспектом в технологии производства шлакощелочного легкого бетона. Оптимизация этих параметров может значительно улучшить качество конечного продукта и расширить его применение при строительстве более экологически чистых зданий в текстильной промышленности.

## ВЫВОДЫ

Влажность кукурузных отходов существенно влияет на физико-механические свойства шлакощелочного легкого бетона, включая прочность, плотность и долговечность. Оптимизация условий хранения и обработки кукурузных отходов может значительно улучшить прочностные характеристики готового строительного материала. Для достижения наилучших результатов необходимо обеспечить точное содержание влаги в кукурузных отходах на всех этапах их переработки и использования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Долгонож А.В., Бакатович А.А. Особенности изменения коэффициента теплопроводности стеновых блоков на растительных отходах в зависимости от влажности материала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 19...28.
2. Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Титунин А.А. Оценка влияния структуры и химического состава растительного наполнителя на свойства композитов теплоизоляционного назначения // Лесной вестник. 2019. Т. 23, № 1. С. 94...101.
3. Smirnova O. Perspectives of flax processing wastes in building materials production // AIP Conference Proceedings. 2017, V. 1800. Article no. 020007.
4. Maraveas C. Production of Sustainable Construction Materials Using Agro-Wastes // Materials. 2020. V. 13. No. 2. Article no. 262.
5. Vachnina T.N., Susoeva I.V., Titunin A.A., Tsybakin, S.V. Unused Plant Waste and Thermal Insulation Composition Boards on their Basis // Key Engineering Materials. 2021, V. 887. P. 480...486.
6. Исакулов Б.Р., Акулова М.В., Нургалиев Р.М. Формирование структуры шлакощелочного арболита в процессе дальнейшего твердения // Эксперт: Теория и практика. 2024. № 1 (24). С. 24...29.
7. Сайитказыев Н.Т. Производства теплоизоляционного арболита в КР // Материаловедение. 2017. № 3 (23). С. 41.
8. Наназашвили И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. Л.: Стройиздат, 1990. 415 с.
9. Исакулов Б.Р. Исследование прочности и деформативности поризованного арболита на основе отходов хлопчатника: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. Владимир, 2000. 21 с.
10. Соколова Ю.А., Акулова М.В., Исакулов Б.Р. и др. Разработка состава и исследование характера формирования прочности арболитовых композитов на основе различных отходов промышленности и растительного сырья // Научное обозрение. 2017. № 2. С. 6...14.

11. *Исакулов Б.Р., Кульшаров Б.Б., Рыскулов Б.К. и др.* Исследование прочности и деформативности серосодержащего арболита // Slovak international scientific journal. 2018. № 22. С. 3...5.

12. *Исакулов Б.Р., Кульшаров Б.Б., Сартова А.М. и др.* Исследование деформативности серосодержащих арболитовых композитов при различных длительных нагрузках // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 4 (77). С. 74...81.

13. *Isakulov B.R., Akulova M.V., Kulsharov B.B. etc.* Formation of strength and phases of sequence of destruction of arbolite composites at various long loads // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2020. V. 4, N. 442. P. 28...34.

14. *Исакулов Б.Р., Акулова М.В., Кульшаров Б.Б. и др.* Получение и исследование свойств вяжущих на основе отходов нефтегазовой промышленности // Эксперт: Теория и практика. 2020. № 5 (8). С. 34...38.

15. *Sokolova Yu.A., Akulova M.V., Isakulov B.R.* Detoxication of by-products of oil and gas industry accompanied by obtaining iron and sulfur-containing binders for structural building materials // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Chemistry and Technology. 2020, V. 6, N. 444. P. 65...72.

16. *Шонтуков А.М.* Совершенствование технологии сушки, параметры и режимы работы конвективной сушилки при обработке гибридной кукурузы в початках: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. М.: Нальчик, 2005. 179 с.

## REFERENCES

1. *Dalzhonak A.V., Bakatovich A.A.* Peculiarities of kinetics of the coefficient of thermal conductivity depending on the humidity rate of wall blocks made of agricultural wastes // Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. 10. P. 19...28.

2. *Susoeva I.V., Vachnina T.N., Titunin A.A.* Assessment of structure and chemical composition vegetable filler influence on composites properties of heat-insulating purpose. Forestry Bulletin. 2019. 23, 1. P. 94...101.

3. *Smirnova O.* Perspectives of flax processing wastes in building materials production // AIP Conference Proceedings. 2017, 1800. Article no. 020007.

4. *Maraveas C.* Production of Sustainable Construction Materials Using Agro-Wastes // Materials. 2020. 13. 2. Article no. 262.

5. *Vachnina T.N., Susoeva I.V., Titunin A.A., Tsybakin S.V.* Unused Plant Waste and Thermal Insulation

Composition Boards on their Basis // Key Engineering Materials. 2021, 887. P. 480...486.

6. *Isakulov B.R., Akulova M.V., Nurgaliev R.M.* Formirovanie struktury shlakoshchelochного arbolita v protsesse dal'neishego tverdeniya // Ekspert: Teoriya i praktika. 2024. № 1 (24). S. 24...29.

7. *Saitkazyev N.T.* Proizvodstva teploizolyatsionного arbolita v KR // Materialovedenie. 2017. № 3 (23). S. 41.

8. *Nanazashvili I.H.* Stroitel'nyye materialy iz drevesno-tsementnoy kompozitsii. L.: Stroyizdat, 1990. 415 p.

9. *Isakulov B.R.* Issledovaniye prochnosti i deformativnosti porizovannого arbolita na osnove otkhodov khlopchatnika...candidate of technical sciences: 05.23.05. Vladimir, 2000. 21 p.

10. *Sokolova Yu.A., Akulova M.V., Isakulov B.R. etc.* Composition elaboration and character study of wood-concrete composites strength formation based on various industrial waste and plant raw materials. Scientific review. 2017, 2. P. 6...14.

11. *Isakulov B.R., Kulsharov B.B., Ryskulov B.K. etc.* Research of durability and deformability of sulfur-containing wood concrete. Slovak international scientific journal. 2018, 22. P. 3...5.

12. *Isakulov B.R., Kulsharov B.B., Sartova A.M. etc.* Study of deformation of sulphur-containing arbolite composites at various long-term loads. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. 2019, 4 (77). P. 74...81.

13. *Isakulov B.R., Akulova M.V., Kulsharov B.B. etc.* Formation of strength and phases of sequence of destruction of arbolite composites at various long loads // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Engineering Science. 2020. 4, 442. P. 28...34.

14. *Isakulov B.R., Akulova M.V., Kulsharov B.B. etc.* Obtaining and studying properties binding on the basis of wastes from the oil and gas industry // Expert: Theory and Practice. 2020, 5 (8). P. 34...38.

15. *Sokolova Yu.A., Akulova M.V., Isakulov B.R.* Detoxication of by-products of oil and gas industry accompanied by obtaining iron and sulfur-containing binders for structural building materials // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. 2020, 6, 444. P. 65...72.

16. *Shontukov A.M.* Sovershenstvovaniye tekhnologii sushki, parametry i rezhimy raboty konvektivnoy sushilki pri obrabotke gibridnoy kukuruzy v pochatkakh: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01. М.: Nal'chik, 2005. 179 p.

Рекомендована кафедрой архитектуры и урбанистики ИВГПУ. Поступила 03.06.24.