

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

---

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ  
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА  
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2022)

---

**ПАВЛОДАР**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**  
выходит 1 раз в квартал

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем  
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,  
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

**Подписной индекс – 76129**

<https://doi.org/10.48081/TFZY8989>

**Импакт-фактор РИНЦ – 0,342**

---

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);  
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);  
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);  
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

**Члены редакционной коллегии:**

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);  
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);  
Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);  
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

**Зарубежные члены редакционной коллегии:**

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);  
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);  
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);  
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);  
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);  
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);  
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);  
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);  
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);  
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);  
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);  
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);  
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

**СТРОИТЕЛЬСТВО**

МРНТИ 67.09.33

<https://doi.org/10.48081/VYTH5824>

**\*Д. В. Владимиров<sup>1</sup>, Л. Л. Булыга<sup>2</sup>, В. Г. Никифорова<sup>3</sup>,  
А. А. Ахметова<sup>4</sup>, И. Менендес Пидал<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>5</sup>Политехнический университет, Испания, г. Мадрид

**ЯЧЕИСТЫЙ БЕТОН НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ ЭКИБАСТУЗСКОЙ ГРЭС-2**

*В статье представлены составы ячеистых бетонов автоклавного твердения на основе золы-унос Экибастузской ГРЭС-2 и комплексной алюмосодержащей добавки.*

*В статье присутствуют графики газобетонных изделий с алюмосодержащей добавкой и сравнение с обычным составом смеси, таблицы химических составов сырья, результаты испытаний на прочность, плотность и морозостойкость, приведены основные физико-механические характеристики сырьевых материалов и предлагаемых бетонов.*

*Отходы от сжигания углей Экибастузского угольного бассейна составляют многие миллионы тонн ежегодно. Зола-унос, улавливаемая в электрофильтрах пыль, является одним из самых «популярных» объектов исследования в экологическом направлении, которому посвящены многие исследовательские работы в странах СНГ и за рубежом. Связано это с тем, что огромные массы отходов накапливаются вблизи мегаполисов, отчуждая дорожную пригородную землю с тенденцией нелинейного роста и существенно снижая рыночную ценность близлежащей земли и строений. Золоотвалы требуют огромных затрат на содержание отходов промышленности.*

*Актуальностью этой статьи является решение экологических проблем региона, а также появляется возможность получения газосиликата при минимальном содержании в бетоне цемента, как самого дорогостоящего компонента.*

*Ключевые слова:* Зола-унос, ячеистый бетон, комплексная алюмосодержащая добавка, прочность, плотность, морозостойкость.

**Введение**

Целью настоящей работы получение газосиликата с наименьшей возможной плотностью и наибольшей прочностью изделий, т.е. при наибольшем значении коэффициента конструктивного качества, удовлетворяющего требованиям стандарта по плотности, прочности и морозостойкости изделий.

Научная новизна работы заключается в изучении влияния комплексной алюмосодержащей добавки на прочность и морозостойкость ячеистого бетона с золой Экибастузской ГРЭС-2.

**Материалы и методы исследований**

Объектом исследования является ячеистый золобетон с комплексной алюмосодержащей добавкой. В работе были приняты стандартные методы исследований на прочность ГОСТ 18105-12 и морозостойкость ГОСТ 31359-2013 [1].

Вода для приготовления бетонов удовлетворяет требованиям ГОСТ 23732-13 [2]. Воду применяли из общей магистрали и подогревали до температуры 50 0С [3].

Плотность образцов определяли по стандартной методике СТ РК 10180 [4].

Образцы были испытаны на предел прочности при сжатии по ГОСТ 18105-12 [5]. Испытание проводили на образцах-кубах размером 10×10×10 см [6] на гидравлическом испытательном прессе ПГМ-1000 МГ-4.

Таблица 1 – Химический состав портландцемента

Содержание окислов, %									
CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п	всего
61,92	20,66	4,60	4,61	2,91	0,73	0,74	2,53	1,3	100

В качестве кремнеземистых компонентов для газобетона и газосиликата применяли песок кварцевый ТОО Sputnik GPS и Карасорского месторождений, зола сухого отбора Экибастузской ГРЭС-2. Характеристика зернового состава этих материалов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика зернового состава песков

	Номера сит, мм							Всего	Модуль крупности
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	≤014		
Песок ТОО Sputnik GPS									
частные остатки, г	90	140	370	225	400	195	30	1360	
частные остатки, %	7	10	27	17	29	14	2	100	
полные остатки, %	0	10	38	54	83	98	100	0	2,83
Песок Карасорского месторождения									
Песок 1									
частные остатки, г	0	0	20	18	200	1190	126	1554	
частные остатки, %	0	0	1,3	1,2	12,9	76,6	8,1	100	
полные остатки, %	0	0	1	2	15,3	91,9	100	0	1,11
Песок 2									
частные остатки, г	0	0	0	2	180	1165	59	1406	
частные остатки, %	0	0	0,0	0,1	12,8	82,9	4,2	100	
полные остатки, %	0	0	0	0	12,9	95,8	100	0	1,09
Песок 3									
частные остатки, г	0	0	20	45	850	560	12	1487	
частные остатки, %	0	0	1,3	3,0	57,2	37,7	0,8	100	
полные остатки, %	0	0	1	4	61,5	99,2	100	0	1,66

Песок 4									
частные остатки, г	0	0	0	1	115	1080	215	1411	
частные остатки, %	0	0	0,0	0,1	8,2	76,5	15,2	100	
полные остатки, %	0	0	0	0	8,2	84,8	100	0	0,93

Таблица 3 – Химический состав золы Экибастузской ГРЭС-2

Содержание оксидов, %												
SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	FeO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	п.п.п
65,0	3,50	28,0	1,00	0,40	0,56	0,26	0,20	0,70	0,60	0,40	0,30	2.30

Таблица 4 – Химический состав гипса Актюбинского гипсового завода

Содержание оксидов, %				
CaO	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	п.п.п
32,56	46,51	-	-	20,93

Таблица 5 – Химический состав извести Майкаинского месторождения Павлодарской области

Химический состав	Норма для извести, %, по массе	
	слабогидравлической	сильногидравлической
Активные CaO+MgO:		
- не более	65	40
- не менее	60	5
Активный MgO, не более	6	6
CO <sub>2</sub> , не более	6	5

В качестве комплексной алюмосодержащей добавки применялись пудра ПАП-1 с удельной поверхностью 7000 см<sup>2</sup>/г, истинной плотностью 2500 кг/м<sup>3</sup>, насыпной плотностью с 600 кг/м<sup>3</sup> содержанием активного алюминия 82 % и суперпластификатор С-3.

Таблица 6 – Химический состав суперпластификатора С-3

Химический состав	% соотношение соединений
Сульфат натрия	8
Сульфированные поликонденсаты	82
Влага	10

**Результаты и обсуждение**

Состав для приготовления образцов представлены в таблице 7, а результаты испытания – в таблице 8.

Таблица 7 – Состав для испытания на морозостойкость

Номер состава	Расход материалов на м <sup>3</sup> газозолосиликата, кг					В/В
	цемент	известь	зола	алюмосодержащая добавка	гипс	
173	124	124	502	2,75	12	1,73
168	88	88	395	1,75	9	1,86
169	103	103	415	2,25	11	1,57

Таблица 8 – Результаты испытания образцов на морозостойкость

Количество циклов замораживания-оттаивания	Масса, г				Прочность, мПа				Примечание (внешний вид)
	№ образца				№ образца				
	1	2	3	ср	1	2	3	ср	
контрольный	685	700	692	692	4,09	4,01	4,17	4,09	углы и стороны образцов ровные
5	990	1005	1030	1010	3,48	3,63	3,33	3,55	внешний вид не изменился
10	1001	1005	1003	1003	3,44	3,74	3,09	3,42	
15	996	998	1000	998	3,68	3,02	5,34	3,38	
20	985	994	989	989	3,02	2,83	4,18	3,34	
25	984	980	982	982	3,60	3,00	4,17	3,59	шелушатся углы образцов
30	970	974	978	974	3,91	3,88	3,94	3,91	
35	968	970	966	968	2,52	4,19	3,85	3,52	
40	957	963	960	960	3,30	2,31	4,29	3,30	начали осыпаться углы
45	960	955	950	955	3,39	2,66	4,09	3,38	
50	955	953	957	955	2,43	1,56	3,30	2,43	

На основании полученных результатов была построена зависимость прочности при сжатии от количества циклов замораживания-оттаивания [7]. По требованиям стандарта [8] образцы испытывали во влажном состоянии после оттаивания в воде, поэтому повышающий коэффициент составляет 1,15. Зависимость предела прочности при сжатии от количества циклов замораживания-оттаивания представлена на рисунке.

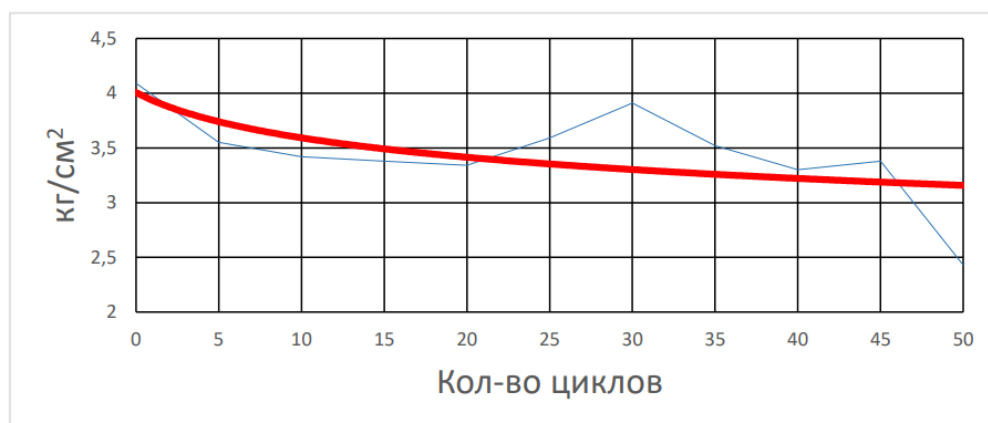


Рисунок 1 – Зависимость предела прочности при сжатии от количества циклов замораживания-оттаивания

Для получения сравнительных результатов были проведены испытания автоклавного газозолобетона. Результаты испытаний по плотности, прочности при сжатии [9] и коэффициенту конструктивного качества представлены в таблице 9 и на рисунках 1–4.

Таблица 9 – Результаты испытаний газозолобетона

Номер состава	Вид наполнителя	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	к.к.к	Марка бетона	Класс бетона
21	зола	1174	28,5	2,43	25	1.5
22		1379	63.4	3,60	50	3.5
26		949	18,6	1,96	25	1.5
30		1413	67,5	3,77	50	3.5
71		933	10,0	1,07	10	0,75
72		926	13.6	1,47	15	1
73		1013	16,9	1,67	15	1
57		792	7,9	0,99	5	0,35
58		741	6,3	0,85	5	0,35
59		600	4.5	0,75	5	0,35
60		493	4,5	0,91	5	0,35
74		740	5,3	0,72	5	0,35
75		818	7,3	0,90	5	0,35

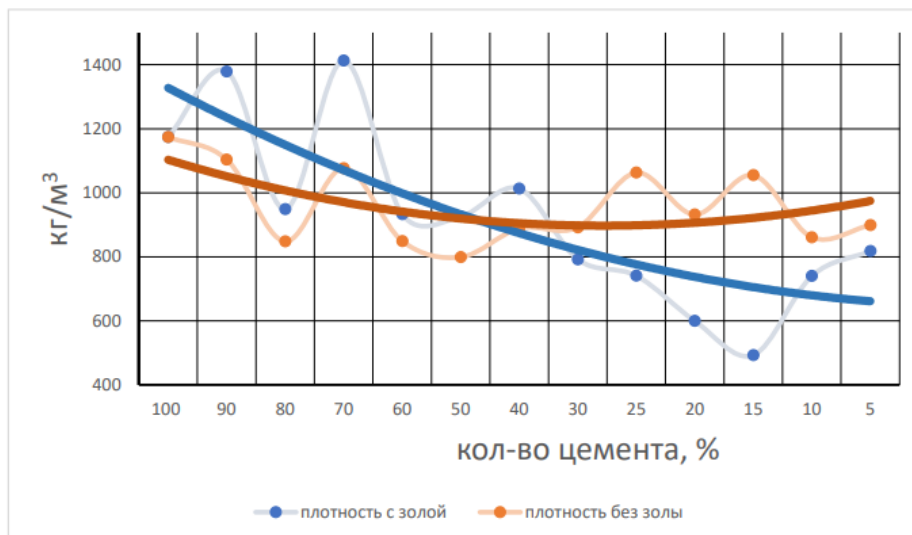


Рисунок 2 – Зависимость плотности газобетона от количества цемента и вида наполнителя

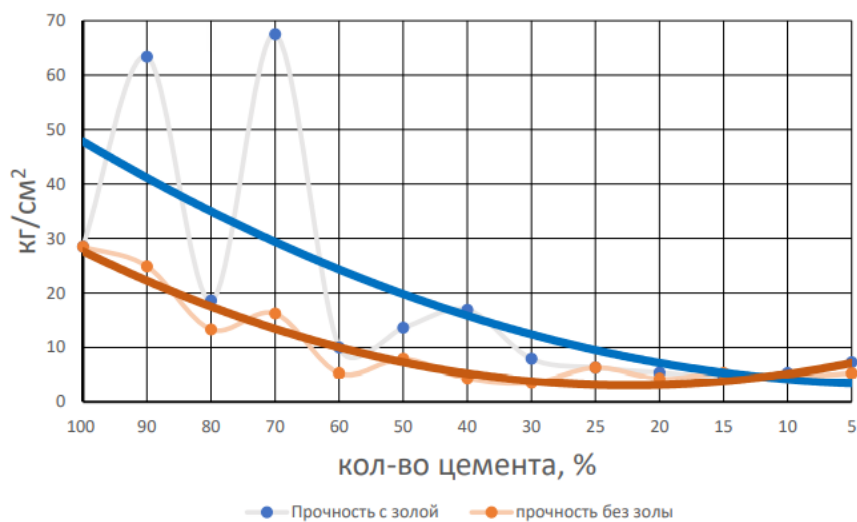


Рисунок 3 – Зависимость прочности при сжатии газобетона от количества цемента и вида наполнителя



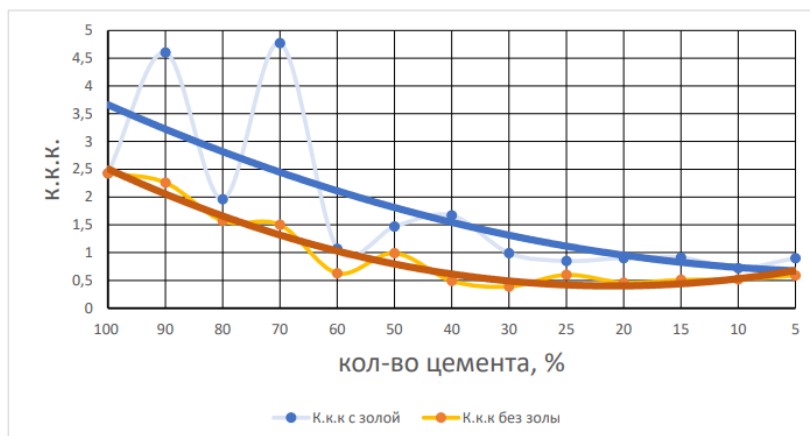


Рисунок 4 – Зависимость к.к.к. газобетона от количества цемента и вида наполнителя

Таблица 10 – Результаты испытания образцов из газозолобетона

Номер состава	Вид наполнителя	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	к.к.к	Марка бетона	Класс бетона
51	зола	903	10,2	1.13	10	0,75
52		668	12,4	1.86	10	0,75
53		968	32,9	3.40	35	2,5
54		860	11,4	1,33	10	0,75
55		838	10,5	1,25	10	0,75
56		945	18,6	1,97	25	1,5

Результаты испытания газобетона (расчет состава по Баранову А. Т. и Бужевичу Г. А.) [10] представлены в таблице 10 и на рисунках 5-6.

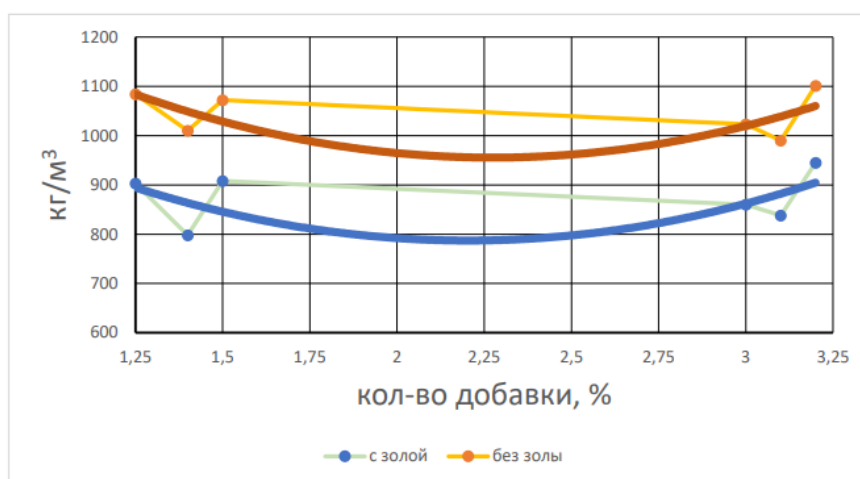


Рисунок 5 – Зависимость плотности газобетона от вида и количества наполнителя

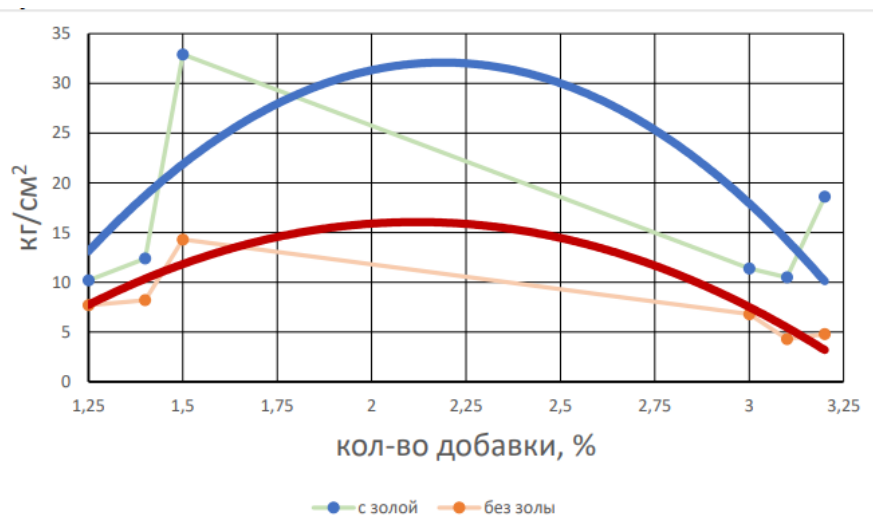


Рисунок 6 – Зависимость прочности газобетона от вида и количества наполнителя

### Выводы

Исследованы физико-технические свойства сырьевых материалов, бетонных смесей и ячеистых бетонов с использованием в качестве мелкого заполнителя песков месторождений Павлодарской области и золы Экибастузской ГРЭС-2.

Определены оптимальные составы ячеистого газозолобетона и газосиликата плотностью 650–750 кг/м<sup>3</sup>, прочностью 2,0–5,0 МПа, коэффициент конструктивного качества – 1,5–4.

Анализ полученных результатов показал, что увеличение плотности и прочности исследуемых образцов повышает их морозостойкость. Образцы марки D600-D700 выдержали требования стандарта и морозостойкость составила 35 циклов, при потере по массе 4,2 %.

Установлено оптимальное содержание комплексной алюмосодержащей добавки в смеси 1,75–2,75 % на плотность и прочностные характеристики бетонов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ 31359-2013 Морозостойкость, циклы.
- 2 ГОСТ 23732-13 Вода для бетонов и строительных растворов.
- 3 Бетоны на основе золы и шлака ТЭС и комплексное их использование в строительстве. Сборник докладов Всесоюзной конференции под общей редакцией Павленко С. И. В 2-х томах. – Новокузнецк, 2016.
- 4 СТ РК 10180 Бетоны. Методы определения прочности.
- 5 ГОСТ 18105-12 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.
- 6 **Баженов Ю. М., Шубенкин П. Ф., Дворкин Л. И.** Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов. – М : ИАСВ, 2015.

7 **Волженский А. В., Буров Ю. С., Виноградов Б. Н.** Бетоны и изделия из шлаков и зольных материалов. – М : ИАСВ, 2013.

8 **Газиев У. А., Акрамов Х. А.** Отходы промышленности в производстве строительных материалов и изделий. –Ташкент, 2014.

9 Бетоны на основе зол и шлаков ТЭС для несущих и ограждающих конструкций в монолитном и сборном исполнении / Павленко С. И., Середкин О. Л., Рехтин И. В. и др. // Экологические проблемы переработки вторичных ресурсов в строительные материалы и изделия : Тезисы докладов Всесоюзного научного совещания. Т.2 –Чита, 2016. – С.155-157.

10 **Баранова А. А.** Влияние пластификаторов на свойства цементного теста /Баранова А. А., Полякова Е. О., Ховбощенко О. В. // Современные технологии и научно-технический прогресс. Т. 1. № 1. – Ангарск : Издательство Ангарской государственной технической академии, 2017. – С. 30.

#### REFERENCES

1 GOST 31359-2007 Morozostoikost, tsykly.

2 GOST 23732-11 Voda dlya betonov i stroitelnykh rastvorov.

3 Betony na osnove zoly i shlaka TES i kompleksnoe ih ispolzovanie v stroitelstve. Sbornik dokladov Vsesouznoi konferencii pod obshei redakciei. Pavlenko S. I. In 2 Vol. – Novokuzneck, 2016.

4 ST RK 10180 Betony. Metody opredelenia prochnosti.

5 GOST 18105-10 Betony. Pravila kontrola i ocenki prochnosti.

6 **Bazhenov Y. M., Shubenkin P. F., Dvorkin L. I.** Primenenie promyshlennykh orhodov v proizvodstve stroitelnykh materialov. – Moscow : IASV, 2015.

7 **Volzhenskii A. V., Burov Y. S., Vinogradov B. N.** Betony i izdeliya iz shlakov i zolnykh materialov. – Moscow : IASV, 2009.

8 **Gaziev U. A., Akramov H. A.** Othody promyshlennosti v proizvodstve stroitelnykh materialov i izdelii. – Tashkent, 2014.

9 Бетоны на основе зол и шлаков ТЭС для несущих и ограждающих конструкций в монолитном и сборном исполнении / Павленко С. И., Середкин О. Л., Рехтин И. В. и др. // Экологические проблемы переработки вторичных ресурсов в строительные материалы и изделия: Тезисы докладов Всесоюзного научного совещания.– Т.2 Чита. P.155–157.

10 **Baranova A. A.** Vliyanie plastifikatorov na svoistva cementonogo testa / Baranova A. A., Polyakova E. O., Hevboshenko O. V. // Sovremennye tehnologii i nauchno-tekhnicheskii progress. T. 1. № 1. – Angarsk : Izdatelstvo Angarskoi gosudarstvennoi tehniceskoi akademii, 2012. – P. 30.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

**\*Д. В. Владимиров<sup>1</sup>, Л. Л. Булыга<sup>2</sup>, В. Г. Никифорова<sup>3</sup>, А. А. Ахметова<sup>4</sup>,  
И. Менендес Пидал<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ;

<sup>5</sup>Политехникалық университет, Испания, Мадрид қ.

Материал баспаға 17.03.22 түсті.

## **ЕКІБАСТҰЗДЫҢ ГРЭС-2 КҮЛ НЕГІЗІНДЕГІ ҚУЫСТЫ БЕТОН**

*Мақалада Екібастұз ГРЭС-2 күл шығару негізінде автоклавты қатаюдың қуысты бетондарының құрамдары және алюминий қоспасы бар кешенді қоспалар ұсынылған.*

*Мақалада алюминий қоспасы бар газдалған бетон өнімдерінің графиктері және қоспаның әдеттегі құрамымен салыстыру, шикізаттың химиялық құрамының кестелері, беріктік, тығыздық және аязға төзімділік сынақтарының нәтижелері, шикізат пен ұсынылған бетондардың негізгі физикалық және механикалық сипаттамалары келтірілген.*

*Екібастұз көмір бассейнінің көмірін жағу қалдықтары жыл сайын миллиондаған тоннаны құрайды. Шаң-тозаң электр сүзгілерінен алынатын күл-унос экологиялық бағыттағы ең танымал зерттеу объектілерінің бірі болып табылады, оған ТМД елдерінде және шет елдерде көптеген зерттеу жұмыстары арналған. Бұл мегаполистердің жанында үлкен қалдықтардың жиналуына, қымбат қала маңындағы жерлерді сызықтық емес өсу тенденциясымен иеліктен шығаруға және жақын жерлер мен ғимараттардың нарықтық құнын едәуір төмендетуге байланысты. Күл үйінділері өнеркәсіп қалдықтарын ұстау үшін үлкен шығындарды талап етеді.*

*Бұл мақаланың өзектілігі аймақтың экологиялық мәселелерін шешу болып табылады, сонымен қатар ең қымбат компонент ретінде бетондағы цементтің минималды құрамымен газ силикатын алуға болады.*

*Кілтті сөздер: күл, қуысты бетон, кешенді алюминий құрамды қоспа, беріктік, тығыздық, аязға төзімділік.*

**\*D. V. Vladimirov<sup>1</sup>, L. L. Bulyga<sup>2</sup>, V. G. Nikiforova<sup>3</sup>, A. A. Ahmetova<sup>4</sup>,  
I. Menendes Pidal<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

<sup>5</sup>Polytechnic University, Spain, Madrid

Material received on 17.03.22.

## **CELLULAR CONCRETE BASED ON ASH OF EKIBASTUZ GRES-2**

*The article presents the compositions of autoclave-hardened cellular concretes based on fly ash of Ekibastuz GRES-2 and a complex aluminum-containing additive.*

*The article contains graphs of aerated concrete products with an aluminum-containing additive and a comparison with the usual composition of the mixture, tables of chemical compositions of raw materials, test results for strength, density and frost resistance, the main physical and mechanical characteristics of raw materials and the proposed concretes.*

---

---

*Waste from coal burning in the Ekibastuz coal basin amounts to many millions of tons annually. Fly ash, dust captured in electrofilters, is one of the most «popular» objects of research in the environmental field, to which many research works in the CIS countries and abroad are devoted. This is due to the fact that huge masses of waste accumulate near megacities, alienating expensive suburban land with a tendency of nonlinear growth and significantly reducing the market value of nearby land and buildings. Ash dumps require huge costs for the maintenance of industrial waste.*

*The relevance of this article is to solve the environmental problems of the region, as well as the possibility of obtaining silicate gas with a minimum content of cement in concrete, as the most expensive component.*

*Keywords: Fly ash, cellular concrete, complex aluminum-containing additive, strength, density, frost resistance.*

Теруге 17.03.22 ж. жіберілді. Басуға 27.03.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

15 Мб RAM

Шартты баспа табағы 14,5. Таралымы 300 дана.

Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3952

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

<https://vestnik.tou.edu.kz/>

<http://stk.tou.edu.kz/>