

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 (2024)

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/KBNH3045>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,210

Импакт-фактор КазБЦ – 0,406

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);
Кажиева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – 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);
Ребзов 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

**P. O. Bykov¹, *A. B. Kuandykov¹, K. Sh. Aryngazin²,
A. B. Kalieva¹, V. V. Larichkin³**

¹Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

²EcostroyNII-PV LLP, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

³Novosibirsk State Technical University, Russian Federation, Novosibirsk.

*e-mail: azeka200892@mail.ru

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF PROCESSING GRANULAR FILTERS FOR PRIMARY ALUMINUM REFINING

This article presents the results of experimental studies on the involvement in the processing of used filters from ash and slag waste used in the refining of primary aluminum as a filler in the production of concrete for building products.

The research was carried out within the framework of grant funding from the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under the competition «Zhas Galym» under the project IRN AR19175493 «Development of technology for refining primary aluminum with filters with an active surface».

The recycling of used grain filters was carried out in three stages: preliminary processing of filter grains to remove aluminum scrap; metallurgical processing of separated aluminum scrap by remelting in an induction crucible furnace and refining using complex technology described by the authors in the work; obtaining a concrete mixture based on crushed waste filter grains, quartz sand and bauxite sludge, screenings from crushing rocks with a fraction of 20–30 mm and Portland cement to obtain samples of construction products.

According to the test results, the tensile strength of concrete samples of building products is 20.89–37.75 MPa, depending on the content of Portland cement (from 20 to 40 %) and corresponds to the class of heavy concrete.

Keywords: aluminum, granular filter, ash, waste, recycling.

Introduction

According to the «Concept for the development of the manufacturing industry of the Republic of Kazakhstan for 2023 – 2029» [1], approved by Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 20, 2018 No. 846, the annual production of aluminum is 262 thousand tons with domestic consumption of 34 thousand tons, 87 % goes to primary aluminum is exported (the number of processors is more than 20 enterprises).

The main task of the aluminum cluster in Kazakhstan is to further develop domestic consumption of primary aluminum and maintain the export potential of domestic aluminum.

One of the most important factors that will have a great influence on the development of the metallurgical industry in general and aluminum production in particular will be the environmental factor.

In recent years, the Republic of Kazakhstan has adopted fundamental acts in this direction, which will determine the vector of development of metallurgical enterprises in the future [2; 3; 4] in the following areas:

- the need to develop a green economy;
- the need to develop closed production cycles with the development of a waste management system, which implies “a constant circulation of materials during production and consumption, eliminating the formation of waste accumulating in the environment.

These fundamental principles will be the basis for the development of innovative solutions in the mining and metallurgical industry of the Republic of Kazakhstan.

In [5; 6], a comprehensive technology for refining primary aluminum from vanadium and other metal impurities through flux and filtration refining based on boric acid was studied.

The results of research [5; 6] show that the complex technology of refining raw aluminum from vanadium using boric acid (H_3BO_3) in a ladle with further filtration makes it possible to reduce the content of non-ferrous metal impurities from primary aluminum.

Laboratory studies have shown a decrease in vanadium content by 47.7 %, copper by 17.6 %, magnesium 47.5 %, manganese by 50.0 % and silicon by 97.9 % in primary aluminum during flux refining of H_3BO_3 and subsequent almost complete removal reaction products of non-ferrous metal impurities with boron based on filtration results [5; 6].

In these works, Ekibastuz coal ash, consisting mainly of SiO_2 and Al_2O_3 , was used as a material for the manufacture of filter grains (Table 1 and 2) [6].

Table 1 – Chemical composition of Ekibastuz coal ashes, %

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	CaO	MgO	SO_3	e.h.w.	hygr. water	CO_2	$\leq SiO_2$
46,7	25,2	6,58	0,66	1,28	7,66	3,1	1,26	3,41	0,57	3,96	26,7

Table 2 – Phase and mineralogical composition of Ekibastuz coal ashes, wt. % (average)

Glass phase	Amorphized clay substance	Iron oxides	Feldspar, quartz, pyroxene	Corundum, mullite, cristobalite	Calcite	Carbon particles
30	25	9	10	7	8	11

Conducted studies show that as a result of filtration refining, a large amount of waste is generated in the form of spent grains with a diameter of 15–25 mm and aluminum scrap.

According to data [7], the average consumption of filters is 0.2 – 0.5 % of the mass of the poured metal. Thus, during the production of primary aluminum on the basis of Kazakhstan Electrolysis Plant JSC in a volume of up to 268 thousand tons per year, the mass of used filters will be up to 1340 tons.

According to [4, 8], the rate of payment for emissions of pollutants from stationary sources of this type of waste (ash and cinders) in the Republic of Kazakhstan is 0.33 MCI / ton (taking into account the MCI in 2024 = 3692 tenge, the total amount of payment for emissions 1340 tons = 4,947,280 tenge per year).

Thus, the development of options for processing used filters from ash and ash and slag waste is an urgent task.

Materials and methods

The basis for the processing of used granular filters was the methodology described in [9], which included three main stages:

– preliminary processing of filter grains for cleaning from aluminum scrap (Figure 1), including grinding of granules in a drum mill and classification of the metal and non-metal parts of the processed material;



Figure 1 – General view of used filters

– metallurgical processing of separated aluminum scrap by remelting in an induction crucible furnace and refining using complex technology described by the authors in [5];

– obtaining a concrete mixture based on crushed waste filter grains, quartz sand and bauxite sludge, screenings from crushing rocks with a fraction of 20 - 30 mm and Portland cement to obtain samples of construction products.

Crushed waste filter grains were used as a filler for a concrete mixture, as an alternative to quartz sand, in a volume of no more than 30 % of the total consumption of materials [10]. The water-cement ratio was assumed to be 0.35.

The production of building samples and products was carried out on the basis of EkostroyNII-PV LLP using the vibration pressing method on the Rifey-Udar-SDA production line, which has extensive experience and its own innovative solutions in the field of involving industrial waste in production [10–13]. Testing of construction products was carried out on the basis of the accredited laboratory of Incom Company LLP (registered in the register of accreditation subjects of the Republic of Kazakhstan for compliance with the requirements of GOST ISO/IEC 17025-2019 No. KZ.T.14.2161 dated November 16, 2018, as amended on April 29, 2020).

Table 3 shows the compositions of concrete mixtures.

Table 3 – Compositions of concrete mixtures using ASR of waste granular filters

Concrete batch number	Mass fraction of cement, (%)	Mass fraction of sand, (%)	Mass fraction of waste granular filters, (%)
1	40	60	0
2	35	55	10
3	30	50	20
4	25	45	30
5	20	40	40

To test the samples, cube shapes of 100×100×100 mm were additionally made (Figure 2). The work determined the density and strength of the samples. The density of concrete samples was determined in accordance with GOST 12730.1-78, the results are listed in Table 4. The strength test was determined using a P-10 press when the concrete was 28 days old (Figure 3). The test results are presented in Table 5.



Figure 2 – Test samples



Figure 3 – Determination of sample strength

Results and discussion

Table 4 – Density of concrete samples

Sample brand	Mass fraction of AS waste granular filters, (%)	Density, g/sm ³	Concrete class
1	0	2,61	Heavy concrete
2	10	2,39	
3	20	2,19	
4	30	1,95	
5	40	1,86	

Table 5 – Concrete strength class

Sample brand	Strength, kg/sm ²	Strength, MPa	Concrete strength class	Concrete grade by strength
1	385	37,75	B30	M400
2	327	32,06	B25	M350
3	307,6	30,16	B25	M350
4	235,3	23,07	B20	M250
5	213,1	20,89	B15	M200

According to the test results, the tensile strength of concrete samples of building products is 20.89 – 37.75 MPa, depending on the content of Portland cement, corresponding to the class of heavy concrete.

Conclusions

1) Based on the experimental studies carried out, the possibility of involving waste filters from ash and ash and slag waste as a filler in the production of concrete for construction products has been established.

2) Metallurgical processing of aluminum scrap separated from spent filter grains can be carried out by remelting in an induction crucible furnace with further refining of the metal.

3) According to test results, the tensile strength of concrete samples of building products is 20.89–37.75 MPa, depending on the content of Portland cement (from 20 to 40 %) and corresponds to the class of heavy concrete.

Funding information

The research was carried out within the framework of grant funding from the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under the competition «Zhas Galym» under the project IRN AR19175493 «Development of technology for refining primary aluminum with filters with an active surface»

REFERENCES

1 Концепция развития обрабатывающей промышленности Республики Казахстан на 2023–2029 годы, утверждённая Постановлением Правительства Республики Казахстан от 20 декабря 2018 года № 846.

2 Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике», утвержденная Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577 (с изменениями от 10.09.2029 года).

3 Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года, утвержденная Указом Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года № 121.

4 Экологический кодекс Республики Казахстан от 02.01.2021 №400-VI ЗПК (с изменениями от 05.07.2023 №17-VIII).

5 Bykov, P. O., Kuandykov, A. B., Zhunusov, A. K., Tolymbekova, L. B., Suyundikov M. M. Complex processing of primary aluminum to remove impurities of non-ferrous metals // Metalurgija. – 62, 2023. – P. 293–295.

6 **Куандыков, А. Б., Бакиров А. Г., Жунусов, А. К., Быков, П. О.** Зернистые фильтры из зол Экибастузских углей для рафинирования первичного алюминия // Наука и техника Казахстана. – 2022. – № 4. – С. 80 – 90.

7 **Мухин, А. Г.** Повышение эффективности рафинирования силуминов при технологических переливах через зернистые фильтры : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет, 2002. – 204 с.

8 **Налоговый кодекс Республика Казахстан** от 25 декабря 2017 года № 120-VI ЗРК (с изменениями от 10.12.2020 №382-VI).

9 **Скитович, С. В.** Разработка технологии термофлюсового переплава стружки алюминиевых сплавов с повышенным содержанием железа : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – Литейное производство. – Владимир : Владимирский государственный университет, 2000. – 206 с.

10 **Aryngazin, K. Sh., Bogomolov, A. V., Tleulessov, A. K.** Innovational construction materials of LLP «Ecostroynii-PV» production // Defect and Diffusion Forum, 2021. – vol. 410. – P. 806–811.

11 **Aryngazin, K. Sh.** Industrial waste utilization in the production of building materials on «Ecostroynii-PV» LLP example // Science and Technology of Kazakhstan. – 2023. – Vol. 2. – P. 67–75.

12 **Арынгазин, К. Ш., Ларичкин, В. В., Алдунгарова, А. К., Свидерский, А. К., Богомолов, А. В., Быков, П. О., Тлеулесов, А. К., Маусымбаева, Д. К.** Инновационное использование твердых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии Павлодарской области в производстве строительных материалов // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 3–4. – С. 34–39.

13 **Арынгазин, К. Ш., Быков, П. О., Алдунгарова, А. К., Тлеулесов, А. К., Богомолов, А. В.** Коммерциализация научных исследований на примере ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ» // Предпринимательский ВУЗ – наука, инновации, образование и бизнес : сборник научных трудов. – Павлодар : Toraighyrov University, 2019. – С. 31–44.

Received 10.02.24.

Received in revised form 10.02.24.

Accepted for publication 23.02.24.

REFERENCES

1 *Koncepciya razvitiya obrabatyvayuschei promyshlennosti Respubliki Kazakhstan na 2023 – 2029 gody, utverzhdennaya Pravitelstvom Respubliki Kazakhstan ot 20 decabriya 2018 goda № 846* [Concept for the development of the manufacturing industry of the Republic of Kazakhstan for 2023 – 2029, approved by Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 20, 2018 No. 846.].

2 *Koncepciya po perehodu Respubliki Kazakhstan k «zelenoi ekonomike», utverzhdennaya Ukazom Prezidenta Respubliki Kazakhstan ot 30 maya 2013 goda № 577 (s izmeneniyami ot 10.09.2029 goda)* [Concept for the transition of the Republic of Kazakhstan to a «green economy», approved by Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated May 30, 2013 No. 577 (as amended on September 10, 2029)].

3 Strategiya dostizheniya uglerodnoi nttralnosti Respubliki Kazakhstan do 2060 goda, utverzhdannaya Ukazom Prezidenta Respubliki Kazakhstan ot 2 fevraliya 2023 goda № 121 [Strategy for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan until 2060, approved by Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated February 2, 2023 No. 121].

4 Ecologicheskii kodeks Respubliki Kazakhstan ot 02.01.2021 №400-VI ZRK (s izmeneniyami ot 05.07.2023 №17-VIII) [Environmental Code of the Republic of Kazakhstan dated 01/02/2021 No. 400-VI ZRK (as amended from 07/05/2023 No. 17-VIII)].

5 **Bykov, P. O., Kuandykov, A. B., Zhunusov, A. K., Tolymbekova, L. B., Suyundikov, M. M.** Complex processing of primary aluminum to remove impurities of non-ferrous metals // *Metalurgiya*. – Volume 62 (2). – 2023. – P. 293 – 295.

6 **Kuandykov, A. B., Bakirov, A. G., Zhunusov, A. K., Bykov, P. O.** Zernistye filtry iz zol Ekibastuzskih uglei dlya rafinirovaniya pervichnogo aluminiya [Granular filters from Ekibastuz coal ashes for refining primary aluminum] // *Science and technology of Kazakhstan*. – 2022. – № 4. – P. 80–90.

7 **Muhin, A. G.** Povyshenie effektivnosti rafinirovaniya siluminov pri tehnologicheskikh perelivah cherez zernistye filtry [Increasing the efficiency of silumin refining during technological overflow through granular filters] : dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.16.04 – Foundry. – Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University, 2002. – 204 p.

8 Nalogovyi kodeks Respubliki Kazakhstan ot 25 dekabriya 2017 goda № 120-VI ZRK (s izmeneniyami ot 10.12.2020 №382-VI) [Tax Code of the Republic of Kazakhstan dated December 25, 2017 No. 120-VI ZRK (as amended from December 10, 2020 No. 382-VI)].

9 **Skitovich, S. V.** Razrabotka tehnologii termoflusovogo pereplava struzhki aluminievyyh splavov s povyshennym sodержaniem zheleza [Development of technology for thermoflux remelting of shavings of aluminum alloys with a high iron content] : dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.16.04 – Foundry. – Vladimir: Vladimir State University, 2000. – 206 p.

10 **Aryngazin, K. Sh., Bogomolov A. V., Tleulessov, A.K.** Innovational construction materials of LLP «Ecostroynii-PV» production // *Defect and Diffusion Forum*, 2021, vol. 410. – P. 806 – 811.

11 **Aryngazin, K. Sh.** Industrial waste utilization in the production of building materials on «Ecostroynii-PV» LLP example // *Science and Technology of Kazakhstan*, 2023, vol. 2. – P. 67 – 75.

12 **Aryngazin, K. Sh., Larichkin, V. V., Aldungarova, A. K., Sviderskii, A. K., Bogomolov, A. V., Bykov, P. O., Tleulessov, A. K., Mausymbayeva, D. K.** Innovacionnoe ispolzovanie tverdyh tehnogennykh othodov predpriyatii teploenergetiki I metalurgii Pavlodarskoi oblasti v proizvodstve stroitelnykh materialov [Innovative use of solid technogenic waste from thermal power and metallurgy enterprises of the Pavlodar region in the production of building materials] // *Science and Technology of Kazakhstan*, № 3 – 4. – P. 34 – 39.

13 **Aryngazin, K. Sh., Bykov, P. O., Aldungarova, A. K., Tleulessov, A. K., Bogomolov, A. V.** Kommerzializatsiya nauchnykh issledovaniy na primere TOO "Ecostroynii-PV" [Commercialization of scientific research on the example of EkostroyNII-PV LLP] // *Entrepreneurial University – science, innovation, education and business : collection of scientific works– Pavlodar : Toraihyrov University*, 2019. – P. 31 – 44.

**П. О. Быков¹, А. Б. Қуандықов^{1*}, К. Ш. Арынгазин²,
А. Б. Калиева¹, В. В. Ларичкин³**

¹ Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

² «ЭкостройНИИ-ПВ» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

³ Новосибир мемлекеттік техникалық университеті,

Ресей Федерациясы, Новосибир қ.

10.02.24 ж. баспаға түсті.

10.02.24 ж. түзетулерімен түсті.

23.02.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

БАСТАПҚЫ АЛЮМИНИЙДІ ТАЗАРТУ ҮШІН ТҮЙІРШІКТІ СҮЗГІЛЕРДІ ҚАЙТА ӨҢДЕУДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

Бұл мақалада Құрылыс бұйымдары үшін бетон өндірісінде агрегат ретінде бастапқы алюминийді тазартуда қолданылатын күлден және күл-қож қалдықтарынан пайдаланылған сүзгілерді өңдеуге тарту бойынша эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің «Жас ғалым» конкурсы бойынша ЖРН АР19175493 «Белсенді беті бар сүзгілермен бастапқы алюминийді тазарту технологиясын әзірлеу» жобасы бойынша гранттық қаржыландыру шеңберінде жүргізілді.

Пайдаланылған түйіршікті сүзгілерді қайта өңдеу үш кезеңде жүзеге асырылды: алюминий сынығы тазарту үшін сүзгі дәндерін алдын ала қайта өңдеу; индукциялық отшөміш пеші балқыту әдісімен бөлінген алюминий скрабын металлургиялық қайта өңдеу және авторлар жұмыста сипаттаған кешенді технология бойынша тазарту; сүзгінің, кварц құмының және боксит иламының ұсақталған пайдаланылған дәндері негізінде бетон қоспасын алу, тау-кен қалдықтарын жону құрылыс өнімдерінің үлгілерін алу үшін 20-30 мм және портландцемент фракциясы бар жыныстар.

Сынақ нәтижелері бойынша құрылыс бұйымдарының бетон үлгілерінің беріктік шегі портландцементтің құрамына байланысты (20–дан 40 %-ға дейін) 20,89–37,75 МПа құрайды және ауыр бетон класына сәйкес келеді.

Кілтті сөздер: алюминий, түйіршікті сүзгі, күл қожы, қалдықтар, қайта өңдеу.

**П.О. Быков¹, *А. Б. Қуандықов¹, К. Ш. Арынгазин²,
А. Б. Калиева¹, В. В. Ларичкин³**

¹Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

²ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ», Республика Казахстан, г. Павлодар

³Новосибирский государственный технический университет,

г. Российская Федерация, г. Новосибирск.

Поступило в редакцию 10.02.24.

Поступило с исправлениями 10.02.24.

Принято в печать 23.02.24.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНИСТЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по вовлечению в переработку отработанных фильтров из золы и золошлаковых отходов, используемых при рафинировании первичного алюминия в качестве заполнителя при производстве бетона для строительных изделий.

Исследования проводились в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по конкурсу «Жас Галым» по проекту ИРН АР19175493 «Разработка технологии рафинирования первичного алюминия фильтрами с активной поверхностью».

Переработка отработанных зернистых фильтров осуществлялась в три этапа: предварительная переработка зерен фильтра для очистки от алюминиевого скрапа; металлургическая переработка отделенного алюминиевого скрапа методом переплава в индукционной тигельной печи и рафинированием по комплексной технологии, описанной авторами в работе; получение бетонной смеси на основе измельченных отработанных зерен фильтра, кварцевого песка и бокситового шлама, отсева дробления горных пород фракцией 20–30 мм и портландцемента для получения образцов строительных изделий.

По результатам испытаний предел прочности образцов бетона строительных изделий составляет 20,89 – 37,75 МПа в зависимости от содержания портландцемента (от 20 до 40 %) и соответствует классу тяжелого бетона.

Ключевые слова: алюминий, зернистый фильтр, золошлак, отход, рециклинг.

Теруге 18.03.24 ж. жіберілді. Басуға 29.03.24 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Мб RAM

Шартты баспа табағы 14,79. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4203

«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

e-mail: nitk.tou.edu.kz

www.stk.tou.edu.kz