

DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-2-291-301


EDN: NENFHQ

УДК 504.05

Научная статья / Research article

## Повторное использование бетонного и кирпичного лома в качестве заполнителей в бетон

И.С. Украинский  , Л.П. Майорова , Д.А. Саликов,  
А.С. Шевчук, Г.А. Чайников

*Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ),  
г. Хабаровск, Российская Федерация  
006012@pnu.edu.ru*

**Аннотация.** Применение отходов промышленности в качестве заполнителей в бетон позволяет решить проблему утилизации этих отходов и одновременно снизить объемы добычи природных каменных материалов и, как следствие, уменьшить нагрузку на окружающую среду, сопряженную с их добычей. В связи с проведением специальной военной операции образуется большое количество бетонного и кирпичного лома от сноса аварийных зданий. Для обоснования возможности утилизации указанных строительных отходов путем применения их в качестве заполнителей в бетон авторами был произведен обзор научных работ по данному направлению, составлен план эксперимента, определены физико-механические характеристики щебня из исследуемых материалов и цементобетона на его основе. Проведен анализ результатов эксперимента и сформулированы выводы о возможности применения бетонного и кирпичного лома в качестве заполнителей в бетон.

**Ключевые слова:** заполнители в бетон, бетонный лом, лом керамического кирпича, лом силикатного кирпича

**Вклад авторов:** *И.С. Украинский* – планирование и проведение эксперимента, литературный обзор, анализ результатов эксперимента, написание статьи; *Л.П. Майорова* – концепция исследования, критический анализ текста, подготовка статьи к печати; *Д.А. Саликов* – отбор проб, проведение эксперимента, литературный обзор; *А.С. Шевчук* – отбор проб, проведение эксперимента, литературный обзор. Все авторы участвовали в обсуждении итогов и подготовке выводов; *Г.А. Чайников* – проведение эксперимента.

**История статьи:** поступила в редакцию 15.05.2023; доработана после рецензирования 15.06.2023; принята к публикации 20.06.2023.




© Украинский И.С., Майорова Л.П., Саликов Д.А., Шевчук А.С., Чайников Г.А., 2023




This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

**Для цитирования:** Украинский И.С., Майорова Л.П., Саликов Д.А., Шевчук А.С., Чайников Г.А. Повторное использование бетонного и кирпичного лома в качестве заполнителей в бетон // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 2. С. 291–301. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-2-291-301>

## Reuse of concrete and brick scrap as aggregates

Ilya S. Ukrainskiy  , Lyudmila P. Mayorova , Denis A. Salikov, Alexandr S. Shevchuk, Gleb A. Chainikov

*Pacific National University (PNU), Khabarovsk, Russian Federation*

006012@pnu.edu.ru

**Abstract.** The use of industrial waste as concrete aggregates solves the problem of recycling these wastes and simultaneously reduces the volume of natural stone materials extraction and, consequently, decreases the environment load associated with their extraction. The special military operation caused a large amount of concrete and brick scrap from the emergency buildings demolition. To substantiate the possibility of recycling the mentioned construction wastes by means of their application as concrete aggregates, the authors have reviewed research works in this area, made a plan of the experiment, determined physical and mechanical characteristics of rubble from the studied materials and cement concrete on its basis. The results of the experiment have been analyzed and conclusions about possibility to use concrete and bricks scrap as aggregates in concrete have been formulated.

**Keywords:** concrete aggregates, concrete scrap, ceramic brick scrap, silicate brick scrap

**Authors' contributions:** *I.S. Ukrainskiy* – planning and conducting an experiment, literary review, analysis of the results of the experiment, writing an article; *L.P. Mayorova* – research concept, critical analysis of the text, preparation of the article for publication; *D.A. Salikov* – sampling, experiment, literature review; *A.S. Shevchuk* – sampling, experiment, literature review; *G.A. Chainikov* – conducting an experiment. All the authors participated in the summing up and preparation of the conclusion.

**Article history:** received 15.05.2023; revised 15.06.2023; accepted 20.06.2023.

**For citation:** Ukrainskiy IS, Mayorova LP, Salikov DA, Shevchuk AS, Chainikov GA. Reuse of concrete and brick scrap as aggregates. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2023;31(2):291–301. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-2-291-301>

### Введение

Бетон – композитный материал, получаемый в результате твердения смеси из вяжущего и заполнителей. В теории в качестве заполнителей можно использовать всё что угодно в зависимости от требуемых показателей качества конечной продукции. Традиционно все заполнители подразделяются на природные и искусственные. Природные материалы – это инертные каменные материалы, которые участвуют в структурообразовании искусственного камня лишь как прочностной каркас, за редким исключением,

когда в качестве заполнителей используется щебень и песок из горных пород, обладающих пуццолановой активностью. Искусственные заполнители могут обладать химической активностью, что позволяет получать более высокие значения эксплуатационных качеств цементабетона. Однако искусственные заполнители в среднем дороже природных каменных материалов, в связи с этим их чаще применяют для создания бетонов специального назначения (с пористой структурой, обладающих низкой проницаемостью для ионизирующих излучений и т.п.).

Добыча природных каменных материалов сопряжена с вредом для окружающей среды. Добыча таких материалов ведется открытым способом, что подразумевает вывоз в отвал вскрышных пород. За 2021 г. отходы добывающей промышленности составили 7,7 млрд т, то есть более 90 % от общего количества отходов промышленности<sup>1</sup>. Указанный факт обуславливает актуальность применения в качестве заполнителя в бетон отходов промышленности.

Наиболее актуальна проблема утилизации строительных отходов для районов недавних боевых действий [1; 2]. В таких районах имеется большое количество зданий и сооружений в аварийном состоянии, после сноса которых образуется большое количество бетонного и кирпичного лома. Одновременно с мероприятиями по сносу аварийных объектов необходимо вести строительные работы по восстановлению инфраструктуры, строительство жилья и т.п. Рациональное применение бетонного и кирпичного лома в качестве заполнителей в бетон поможет решить указанные задачи с уменьшением финансовых затрат на строительство.

### Методы и материалы

Применение строительных отходов, таких как бетонный и кирпичный лом, в качестве заполнителя в бетон, исследовалось многими авторами. В ряде исследований авторами подразумевается, что применение отходов снижает качество бетона [3–5]. Другие авторы обосновывают эффективность применения подобных отходов для получения бетонов с повышенными показателями качества [6–8]. Существуют исследования, доказывающие положительный эффект при частичной замене заполнителей строительными отходами, и негативный при полной замене [9]. Авторами исследуется влияние применения заполнителей из бетонного и кирпичного лома на физико-химические процессы структурообразования искусственного камня. Исследовалась также возможность применения продуктов тонкого помола бетонного и кирпичного лома в качестве активной минеральной добавки к цементу, получения так называемого «наполненного вяжущего» [8; 10–12]. Были проведены исследования, в ходе которых подтверждено наличие пуццолановой

---

<sup>1</sup> О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад; Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова. М., 2022. 685 с.

активности у керамического боя [12]. Было доказано влияние применения заполнителя из бетонного и кирпичного лома на адгезию вяжущего к заполнителю, формирование микропористой структуры цементного камня, усадочные процессы, водопотребность бетонной смеси [4]. Ряд научных работ посвящен исследованию применения заполнителей из отходов строительства в самоуплотняющихся бетонах [13–16].

Анализируя работы других авторов, можно прийти к выводу, что результаты применения бетонного и кирпичного лома не всегда однозначны. Прежде всего это связано с применением местного сырья при производстве бетона и кирпича, различными сроками и условиями эксплуатации строительных конструкций до того момента, как они стали отходами. Указанный фактор не позволяет дословно экстраполировать опыт исследований других авторов в данном направлении, однако учет имеющихся результатов безусловно необходим.

Для обоснования возможности применения строительных отходов, а в частности вторичных материальных ресурсов (лома из бетона, силикатного и керамического кирпича), образовавшихся в результате разборки и частичного обрушения объектов имущественного комплекса ВГ NX в 15 км к юго-востоку от с. Дружба, Хабаровского района авторами исследования был запланирован эксперимент. Из отобранных проб материалов был изготовлен щебень путем дробления на лабораторной щековой дробилке (рис. 1).



Рис. 1. Оборудование и материалы для дробления /  
Figure 1. Equipment and materials for crushing

Методика дробления, количество стадий дробления и зерновой состав получаемого из отходов щебня способны оказывать значительное влияние на качество бетона [3; 4; 17]. В данном исследовании дробление производилось в три стадии с просевом продуктов дробления через лабораторные сита (рис. 2).

### Анализ результатов и обсуждение

Оценка пригодности использования щебня в качестве заполнителя в бетон проводилась в том числе по оценке плотности упаковки зерен, оцениваемой анализом гранулометрического состава. Результаты анализа приведены в табл. 1.



Рис. 2. Третья стадия дробления /  
Figure 2. Third stage of crushing

Таблица 1. Гранулометрический состав щебня из бетонного и кирпичного лома

Гранулометрические характеристики	Полные остатки, %						
	25	20	12.5	10	5	2.5	<2.5
Размер сит	25	20	12.5	10	5	2.5	<2.5
Силикатный кирпич	0	1,38	50,07	64,8	95,66	98,21	98,21
Керамический кирпич	0	0,97	53,05	66,15	96,61	98,89	100
Бетонный лом	0	1,31	48,66	63,93	95,59	99,04	99,99
Требования ГОСТ 8267-93	1,25 D	D	0.5 (d+D)		d		
	До 0.5 Up to 0.5	До 10 Up to 10	От 30 до 60 From 30 to 60		От 90 до 100 From 90 to 100		

Table 1. Particle size distribution of crushed stone from concrete and brick scrap

Granulometric characteristics	Total solid matter, %						
	25	20	12.5	10	5	2.5	<2.5
Sieve size	25	20	12.5	10	5	2.5	<2.5
Silicate brick	0	1.38	50.07	64.8	95.66	98.21	98.21
Ceramic brick	0	0.97	53.05	66.15	96.61	98.89	100
Concrete scrap	0	1.31	48.66	63.93	95.59	99.04	99.99
Russian National Standard (GOST) 8267-93 requirements	1.25 D	D	0.5 (d+D)		d		
	Up to 0.5	Up to 10	From 30 to 60		From 90 to 100		

Как видно из результатов анализа, гранулометрический состав щебня соответствует требованиям, предъявляемым к заполнителям в бетон.

Для расчета состава бетона по методу наименьших объемов были определены насыпные плотности заполнителей, плотности зерен (табл. 2). В качестве мелкого заполнителя использовался песок природный. Водоцементное отношение и расход цемента были приняты одинаковые для всех серий образцов.

Таблица 2. Характеристики заполнителей

Наименование материала	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Плотность зерен, кг/м <sup>3</sup>
Силикатный кирпич	973	2114
Бетонный лом	1142	2411
Керамический кирпич	867	1862

Table 2. Characteristics of aggregates

Material	Bulk density, kg/m <sup>3</sup>	Grain density, kg/m <sup>3</sup>
Silicate brick	973	2114
Concrete scrape	1142	2411
Ceramic brick	867	1862

Результаты проектирования составов бетонной смеси на всех видах заполнителей приведены в табл. 3.

Из каждого состава была изготовлена серия из шести образцов. Образцы были подвергнуты испытанию на сжатие в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях. Результаты определения прочности на сжатие приведены в табл. 4.

Таблица 3. Опытные составы бетонной смеси

Наименование материала	Расход компонента, кг/м <sup>3</sup>				Расчетная плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Фактическая плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>
	цемент	вода	песок	щебень		
Силикатный кирпич	391	200	795	781	2167	2232
Керамический кирпич	391	200	789	693	2073	2186
Бетонный лом	391	200	720	927	2238	2327

Table 3. Experimental compositions of concrete mixture

Material	Component discharge, kg/m <sup>3</sup>				Concrete estimated density, kg/m <sup>3</sup>	Concrete actual density, kg/m <sup>3</sup>
	cement	water	sand	gravel		
Silicate brick	391	200	795	781	2167	2232
Ceramic brick	391	200	789	693	2073	2186
Concrete scrape	391	200	720	927	2238	2327

Таблица 4. Характеристики прочности и однородности цементобетона опытных образцов

Наименование \ материала заполнителя	Наименование характеристики			
	Предел прочности при сжатии, МПа	СКО, МПа	Внутрисерийный коэффициент вариации, %	Класс бетона по прочности
Силикатный кирпич	38,41	3,4	8,8	B 30
Керамический кирпич	29,86	1,4	4,6	B 25
Бетонный лом	33,81	4,3	12,8	B 25

Table 4. Strength and homogeneity characteristics of cement concrete test samples

Material	Characteristics			
	Compression resistance, MPa	Standard deviation (SD), MPa	Within-run coefficient of variation	Strength grade of concrete
Silicate brick	38.41	3.4	8.8	B 30
Ceramic brick	29.86	1.4	4.6	B 25
Concrete scrape	33.81	4.3	12.8	B 25

## Заключение

1. Расчетная плотность меньше фактической, полученной при изготовлении образцов (у бетона на основе щебня из силикатного кирпича на 2,91 %, керамического кирпича – на 5,17 %, бетонного боя – на 3,82 %). Снижение плотности объясняется поверхностной пористостью дробленого материала [5]. Поверхностные поры и трещины подсасывают влагу из цементного теста,

что приводит к уменьшению объема смеси в процессе изготовления и уплотнения. Этот фактор необходимо учитывать при проектировании состава смеси. В свою очередь, этот эффект увеличивает сцепление между цементным камнем и заполнителем, разрушение образцов происходит не по контакту *заполнитель – цемент* (рис. 3). Наибольшая разница между расчетной и фактической плотностью у наиболее пористого материала – керамики.



Рис. 3. Внешний вид разрушенных образцов /  
Figure 3. Appearance of destroyed samples

2. При проектировании состава бетона принимался класс бетона по прочности В 30. Данного значения достиг только бетон на основе щебня из силикатного кирпича. Можно выдвинуть гипотезу, что компоненты силикатного кирпича – гидросиликаты кальция – являются активаторами твердения цемента, однако для подтверждения этой гипотезы необходимо провести дополнительные исследования. При этом бетонные смеси на основе щебня из керамического кирпича и бетонного боя показали небольшое снижение прочности (всего на один класс ниже – В 25). Можно утверждать, что при использовании модифицирующих добавок можно добиваться прочности бетонов на заполнителе из бетонного и кирпичного лома, не уступающей прочности бетона на основе заполнителей из природного камня.

3. Бетон на основе заполнителя из керамического кирпича продемонстрировал наибольшую однородность прочности. В первую очередь это связано с высокой степенью адгезии керамики к цементно-песчаному раствору, что обеспечивает высокую прочность контакта *вяжущее – заполнитель*. В свою очередь, прочность керамики сопоставима с прочностью цементного камня. Однородность прочности бетона на основе щебня из бетонного лома наиболее низкая, поскольку щебень на основе бетонного лома сам по себе не однороден, он состоит частично из природного камня, частично из искусственного. На сегодняшний день находятся в разработке технологии разделения бетонного лома на исходный заполнитель и цементный камень, что позволит осуществлять переработку и повторное применение этого материала более эффективно [18].

Таким образом, можно сделать обобщенный вывод о возможности повторного применения исследуемых материалов в строительстве в качестве заполнителя в бетон.

### Список литературы

- [1] *Ахмед А.А., Лисейцев Ю.Л., Тимохин Р.А., Мурали Г.* Использование бетонного лома Ирака в качестве наполнителя и заполнителя тяжелого и легкого бетона // Строительные материалы и изделия. 2020. Т. 3, № 3. С. 28–39.
- [2] *Муртазаев С.-А.Ю., Хадисов В.Х., Хаджиев М.Р.* Использование керамического кирпичного боя для получения легких керамобетонов // Экология и промышленность России. Октябрь 2014. С. 22–25.
- [3] *Иванова Т.А., Колесникова Л.Г.* Оценка эффективности применения бетонного лома в качестве крупного заполнителя для бетона // Инженерный вестник Дона. 2022. № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7530](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7530)
- [4] *Киценко Т.П., Омельянович Д.С.* Использование крупного заполнителя из бетонного лома в тяжелых бетонах // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Современные строительные материалы. 2020. Вып. 1 (141). С. 99–103.
- [5] *Farid Debieb, Kenai S.* The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete // Construction and Building Materials. 2008. № 22. P. 886–893.
- [6] *Murtazaev S.-A. Yu., Saidumov M.S., Murtazaeva T.S.-A., Zaurbekov Sh.Sh., Alaskhanov A.Kh., Khadzhiyev M.R.* Impact of Technogenic Raw Materials on the Properties of High-Quality



- Concrete Composites // *Advances in Engineering Research*. Vol. 177. International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018). pp. 275–279.
- [7] *Магсумов А.Н., Шарипьянов Н.М., Красиникова Н.М.* Использование бетонного лома в качестве крупного заполнителя для производства бетонных смесей // *Символ науки*. 2018. № 6. С. 29–33.
- [8] *Муртазаева Т.С.-А., Аласханов А.Х., Исмаилова З.Х., Габашев А.А.* Высококачественные бетоны на основе вторичного сырья в современном монолитном строительстве // *Миллионщиков-2020. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»*. Грозный, 2020. С. 218–225.
- [9] *Романенко И.И.* Применение лома глиняного кирпича в качестве крупного заполнителя бетонов // *Инженерный вестник Дона*. 2022. № 12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8051](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8051)
- [10] *Муртазаева Т.С.-А., Аласханов А.Х., Магомадов Х.И., Сайдумов Ш.С.* Разработка рецептур высококачественного бетона на основе местного техногенного сырья // *ШАГ В НАУКУ. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции с участием студентов*. Грозный, 2021. С. 336–341.
- [11] *Alsadey S., Omran A., Ali S.* Brick Dust and Limestone Powder as a Filler Material in Concrete: Sustainable Construction // *Environmental Research Journal*. 2021. Vol. 15. Issue 1. P. 7–10.
- [12] *Tkach E., Nurbaturov K., Kulibayev A.* Decorative coatings based on the processing of fine waste crushing concrete scrap // *MATEC Web of Conferences* 196, 04048 (2018) XXVII R-S-P Seminar 2018, теoretical Foundation of Civil Engineering/ <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819604048>
- [13] *Lihua Zhu, Zengmei Zhu.* Reuse of Clay Brick Waste in Mortar and Concrete // *Advances in Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 20. P. 1–11 <https://doi.org/10.1155/2020/6326178>
- [14] *Коровкин М.О., Шестернин А.И., Ерошкина Н.А.* Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона // *Инженерный вестник Дона*. 2015. № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090)
- [15] *Monica Batista Leite, Marcela Crusoe Figueiredo.* An Experimental Study of Self-Compacting Concrete Made with Filler from Construction and Demolition Waste // *Open Journal of Civil Engineering*. 2020. No. 10. P. 364–384. URL: <https://www.scirp.org/journal/ojce>
- [16] *Adeyemi Adesina, Paul Awoyera.* Overview of trends in the application of waste materials in self-compacting concrete production // *SN Applied Sciences*. 2019. Vol. 1. P. 62. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1012-4>
- [17] *Чурсин С.И., Лобзанов Е.А.* Бетоны с использованием заполнителя из лома бетона // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2018. Вып. 4 (132). С. 216–220.
- [18] *Чайников Г.А., Чайников Г.А., Каменчуков Ю.В., Дерюгина И.А.* Рециклирование бетона в целях его повторного использования в асфальтобетоне // *Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса: материалы национальной научно-практической конференции*. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2022. Вып. 22. С. 107–111.

## References

- [1] Akhmed AA, Liseitsev YuL, Timokhin RA, Murali G. Use of Iraqi concrete scrap as a filler and aggregate for heavy and lightweight concrete. *Construction Materials and Products*. 2020;3(3):28–39. (In Russ.)
- [2] Murtazayev S-AYu, Khadisov VH, Khadziyev MR. The Usage of Ceramics Broken Brick for Obtaining of Light Ceramoconcrete. *Ecology and Industry of Russia*. 2014;(10):22–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2014-10-22-25>
- [3] Ivanova TA., Kolesnikova LG. Evaluation of the effectiveness of the use of concrete scrap as a large aggregate for concrete. *Engineering Journal of Don*. 2022;3. (In Russ.). Available from: <http://www.ivdon.ru/en/magazine/archive/n3y2022/7530>
- [4] Kitsenko TP, Omelyanovich DS. Use of coarse concrete scrap aggregate in heavy concrete. *Proceedings of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Modern building materials*. 2020;1(141):99–103. (In Russ.)
- [5] Debieb F, Kenai S. The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*. 2008;22:886–893.
- [6] Murtazaev S-A Yu, Saidumov MS, Murtazaeva T S-A, Zaurbekov Sh Sh, Alaskhanov AKh, Khadzhiev MR. Impact of technogenic raw materials on the properties of high-quality concrete composites. *Advances in Engineering Research*, 177. International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES), 2018:275–279.
- [7] Magsumov AN, Sharipyanov NM, Krasnikova NM. Use of concrete scrap as a coarse aggregate for concrete mixes production. *Symbol of Science*. 2018;6:29–33. (In Russ.)
- [8] Murtazaeva TC-A, Alaskhanov AT, Ismailova ZKh, Gabashev AA. Highquality concretes based on recycled raw materials in modern monolithic construction. *Millionshchikov-2020. Proceedings of the III All-Russian Scientific Conference of Students, Post-Graduate Students and Young Scholars with International Participation to mark the Centenary of the Grozny State Technical University after Acad. M.D. Millionshchikov, Grozny*. 2020:218–225. (In Russ.)
- [9] Romanenko II. The use of clay brick scrap as a coarse concrete aggregate. *Engineering Journal of Don*. 2022;12. (In Russ.). Available from: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8051](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8051)
- [10] Murtazaeva TC-A, Alaskhanov AKh, Magomedov KhI, Saidumov ShS. Recipes of high-quality concrete on the basis of local technogenic materials. *The Step into Science. Materials of the IV International Scientific Conference with Students Participation. Grozny*, 2021:336–341. (In Russ.)
- [11] Salahaldeen A, Abdelnaser O, Salwa A. Brick Dust and Limestone Powder as a Filler Material in Concrete: Sustainable Construction. *Environmental Research Journal*. 2021;15(1):7–10.
- [12] Tkach E, Nurbaturov K, Kulibayev A. Decorative coatings based on the processing of fine waste crushing concrete scrap. *MATEC Web of Conferences* 196, 04048 (2018) XXVII R-S-P Seminar 2018, *Theoretical Foundation of Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819604048>
- [13] Zhu L, Zhu Z. Reuse of Clay Brick Waste in Mortar and Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2020, Article ID 6326178, 11. <https://doi.org/10.1155/2020/6326178>
- [14] Korovkin MO, Shesterin AI, Eroshkina NA. The use of crushed concrete scrap as filler for self-compacting concrete. *Engineering Journal of Don*. 2015;3. (In Russ.). Available from: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3090)
- [15] Leite MB, Figueiredo MC. An experimental study of self-compacting concrete made with filler from construction and demolition waste. *Open Journal of Civil Engineering*. 2020;10:364–384. Available from: <https://www.scirp.org/journal/ojce>

- [16] Adeyemi A, Awoyera P. Overview of trends in the application of waste materials in self-compacting concrete production. *SN Applied Sciences*. 2019;1:962. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1012-4>
- [17] Chursin SI, Lobzanov IA. Concrete using filler from scrap concrete. Proceedings of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. 2018;4(132):216–220. (In Russ.)
- [18] Chaynikov GA, Ukrainskiy IS, Kamenchukov YuV, Deryugina IA. Concrete recycling for its reuse in asphalt concrete. The Far East: problems of architectural – construction and transportation complexes: Proceedings of National Scientific Conference. Khabarovsk: National Pacific University. 2022;22:107–111. (In Russ.)

### Сведения об авторах:

*Украинский Илья Сергеевич*, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог, Тихоокеанский государственный университет, 680035, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136. ORCID: 0000-0003-1958-9540, eLIBRARY SPIN-код: 7380-4175. E-mail: 006012@pnu.edu.ru

*Майорова Людмила Петровна*, доктор химических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой экологии, ресурсопользования и безопасности жизнедеятельности, Тихоокеанский государственный университет, 680035, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136. ORCID: 0000-0002-6326-982X, eLIBRARY SPIN-код: 5904-3031. E-mail: 000318@pnu.edu.ru

*Саликов Денис Алексеевич*, аспирант, Тихоокеанский государственный университет, 680035, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, eLIBRARY SPIN-код: 1375-5159. E-mail: 2019105234@pnu.edu.ru

*Шевчук Александр Сергеевич*, студент, Тихоокеанский государственный университет, 680035, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, eLIBRARY SPIN-код: 2303-5147. E-mail: 2017103250@pnu.edu.ru

*Чайников Глеб Александрович*, аспирант, Тихоокеанский государственный университет, 680035, Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136, eLIBRARY SPIN-код: 6325-0800. E-mail: 2017102322@pnu.edu.ru

### Bio notes:

*Ilya S. Ukrainskiy*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Highways Chair, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680035, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-1958-9540, eLIBRARY SPIN-code: 7380-4175. E-mail: 006012@pnu.edu.ru

*Ljudmila P. Mayorova*, Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Acting Head of Ecology, Land Management and Life Safety Chair, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680035, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-6326-982X, eLIBRARY SPIN-code: 5904-3031. E-mail: 000318@pnu.edu.ru

*Denis A. Salikov*, postgraduate, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680035, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 1375-5159. E-mail: 2019105234@pnu.edu.ru

*Alexandr S. Shevchuk*, student, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680035, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 2303-5147. E-mail: 2017103250@pnu.edu.ru

*Gleb A. Chaynikov*, postgraduate, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680035, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 6325-0800. E-mail: 2017102322@pnu.edu.ru