

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №3, Том 12 / 2020, No 3, Vol 12 <https://esj.today/issue-3-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/58SAVN320.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Денисевич Д.С., Димакова А.В., Шнайдер А.В., Ибе Е.Е. Физико-механические особенности материалов на основе бетонного лома // Вестник Евразийской науки, 2020 №3, <https://esj.today/PDF/58SAVN320.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Denisevich D.S., Dimakova A.V., Shnayder A.V., Ibe E.E. (2020). Physical and mechanical features of materials on the basis of concrete scrap. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(12). Available at: <https://esj.today/PDF/58SAVN320.pdf> (in Russian)

УДК 691.32

**Денисевич Дмитрий Сергеевич**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
Хакасский технический институт (филиал), Абакан, Россия  
Студент  
E-mail: ewicz@mail.ru

**Димакова Анастасия Вячеславовна**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
Хакасский технический институт (филиал), Абакан, Россия  
Студент  
E-mail: anastasiya2010dimakova@yandex.ru

**Шнайдер Алина Викторовна**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
Хакасский технический институт (филиал), Абакан, Россия  
Магистрант  
E-mail: shnaider.alina@mail.ru; anastasiya2010dimakova@yandex.ru; alina.schnaider@mail.ru

**Ибе Екатерина Евгеньевна**

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
Хакасский технический институт (филиал), Абакан, Россия  
Научный руководитель  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: k\_andruyshina@mail.ru

**Физико-механические особенности  
материалов на основе бетонного лома**

**Аннотация.** В работе рассмотрен вопрос использования бетонного лома в качестве заполнителя при изготовлении бетонных и железобетонных изделий. В связи с недостаточной на сегодняшний день изученностью вопроса технических свойств бетонного лома, был проведен ряд испытаний. Площадкой для проведения экспериментальных методов работ была выбрана лаборатория на базе Хакасского технического института – филиала Сибирского федерального университета. Испытания проводились на прессе М-125. Объектом исследования являются изделия на основе бетонного лома. Предмет исследования – возможность использования бетонного лома в качестве заполнителя при изготовлении мелкоштучных бетонных изделий без ухудшения строительно-технических свойств.

В статье рассмотрены советский, российский и зарубежный опыты использования вторичного щебня. Исходя из этого видно, что бетонный лом активно используется в строительстве. Плюсом использования также является снижение стоимости работ и экономичность. Авторами проведены экспериментальные исследования по изучению физико-механических свойств бетона на основе заполнителя из бетонного лома. Проанализирована прочность образцов, изготовленных методом контактно-конденсационных материалов с применением добавок-активаторов.

**Ключевые слова:** бетон; железобетон; заполнитель; бетонный лом; вторичный щебень; рециклинг; строительные отходы; утилизация отходов бетонного лома; бетон на основе лома; физико-механические свойства бетона; вибропрессование; метод контактного твердения; прочность бетона; структура бетона; добавки-активаторы

В настоящее время не только в России, но и во всем мире в результате разрушений зданий и сооружений образуется немалое количество техногенного сырья в виде бетонного, железобетонного и кирпичного боя. Срок службы сооружений из бетона ограничен, и ежегодные расходы на их восстановление и ремонт превышают половину стоимости нового строительства. Каждый год в России образуется более 6 млн тонн отходов бетона и железобетона, а в ближайшее время прирост объема бетонного лома от разборки зданий и накопления некондиционных конструкций достигнет 15–17 млн тонн в год [1]. Строительный мусор загромождает площадки, препятствуя восстановительным работам. Необходимо отводить специальные территории для свалки этого мусора. Рациональное использование производственных и бытовых отходов становится критически важным для обеспечения ресурсами строительного производства. В связи с этим возникает вопрос утилизации и вторичного применения строительных отходов в строительстве, особенно бетонного и железобетонного лома.

Обзор научной литературы показал, что одним из первых советских ученых, который опубликовал первые разработки по использованию бетонного лома в качестве заполнителя, был П.И. Глужге [3; 7]. В своих исследованиях он отмечал, что дробленый заполнитель характеризуется более низкой плотностью по сравнению с плотностью природных заполнителей, а бетон на его основе имеет более низкую прочность на сжатие. Однако применение вторичного щебня из дробленого бетона в советском строительном производстве было ограничено. Связано это с организационными причинами – отсутствием должной заинтересованности в экономии сырьевых ресурсов, охране окружающей среды, также и с технологическими причинами - отсутствием фракционирования при производстве вторичного щебня, его неоднородностью, наличием значительного количества слабых зерен [7]. Исследования С.М. Пуляева и А.С. Балашкина [8] подтверждают возможность использования бетонного лома в качестве заполнителя для изготовления бетонных и железобетонных изделий.

Из зарубежного опыта [9–13] видно, что бетонный лом активно используется в строительстве. Например, образовавшийся после разрушения зданий и сооружений во время Второй мировой войны лом, использовали в качестве крупного заполнителя для приготовления бетонной смеси в Англии и Германии. Стоит отметить, что в Великобритании [9] утвержден документ, где указано, что для производства нового бетона допускается замена заполнителя на вторичный на 20 %.

В результате использования вторичного сырья можно сократить на 15–30 % объемы завозимых заполнителей для бетона [2]. Плюсом использования также является снижение стоимости работ и экономичность. В промышленно развитых странах заметно повысился интерес к повторному использованию бетонного лома в строительном производстве.

Проанализировав опыт вторичного использования бетона в строительстве можно наблюдать, что уже в наше время за счет организационных мероприятий, применения рациональных технологических схем переработки отходов бетона и железобетона, использование более современного оборудования и улучшения качества заполнителя из дробленного бетона обеспечила его конкурентоспособность с природным щебнем [7].

На основании анализа отечественного и зарубежного опыта можно сказать, что полученный после переработки бетонный лом рекомендуется использовать в строительстве: при устройстве подстилающего слоя подъездных и малонапряженных дорог; фундаментах под складские, производственные помещения и небольшие механизмы; устройстве основания или покрытия пешеходных дорожек, автостоянок, прогулочных аллей, откосов вдоль рек и каналов [3].

Целью исследований является анализ возможности использования бетонного лома при изготовлении строительных материалов.

Для изучения строительно-технических свойств бетонов на заполнителе из бетонного лома были определены основные физико-механические характеристики щебня, полученного нами из бетонных образцов (таблица 1):

**Таблица 1**

**Физико-механические характеристики полученного щебня**

Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2150–2450
Фактор дробимости, %	0,7–0,79
Содержание влажности, %	3–6
Водопоглощение, %	4–5
Потери при прокаливании, %	5

*Разработано авторами*

Далее были изготовлены бетонные образцы на заполнителе из бетонного лома. Для приготовления бетонной смеси в качестве мелкого заполнителя использовался карьерный песок (модуль крупности 2.2), в качестве крупного – бетонный лом (фракция 5–40 мм), полученный из рядового бетона и бетона повышенной прочности. В качестве вяжущего вещества был применен цемент марки М400 (Красноярский цементный завод).

Образцы были изготовлены в форме кубов с высотой ребра 10 см в количестве 6 штук на каждый состав. В таблице 2 приведен расход материалов на 1 м<sup>3</sup>. Составы №1, №2 и №3 были изготовлены методом литья, а состав №4 – методом вибропрессования. По составу №1 формовались образцы на основе бетонного лома из рядового бетона, а по составу №2 – из высокопрочного бетона. Далее образцы выдерживались в нормальных условиях.

**Таблица 2**

**Расход материалов на 1 м<sup>3</sup>**

№ состава	Цемент, кг	Песок, кг	Бетонолом, кг	В/Ц
1 (на основе бетонолома из рядового бетона)	240	156	1855	0,75
2 (на основе бетонолома из высокопрочного бетона)	240	156	1855	0,75
3	400	781	1116	0,65
4	400	700	1100	0,40

*Разработано авторами*

Экспериментальные исследования были связаны с изучением поведения бетонных элементов при определении прочностных характеристик.

Нами были проведены испытания на сжатие на прессе М-125 (рисунок 1).



Рисунок 1. Испытание бетонных образцов на сжатие (разработано авторами)

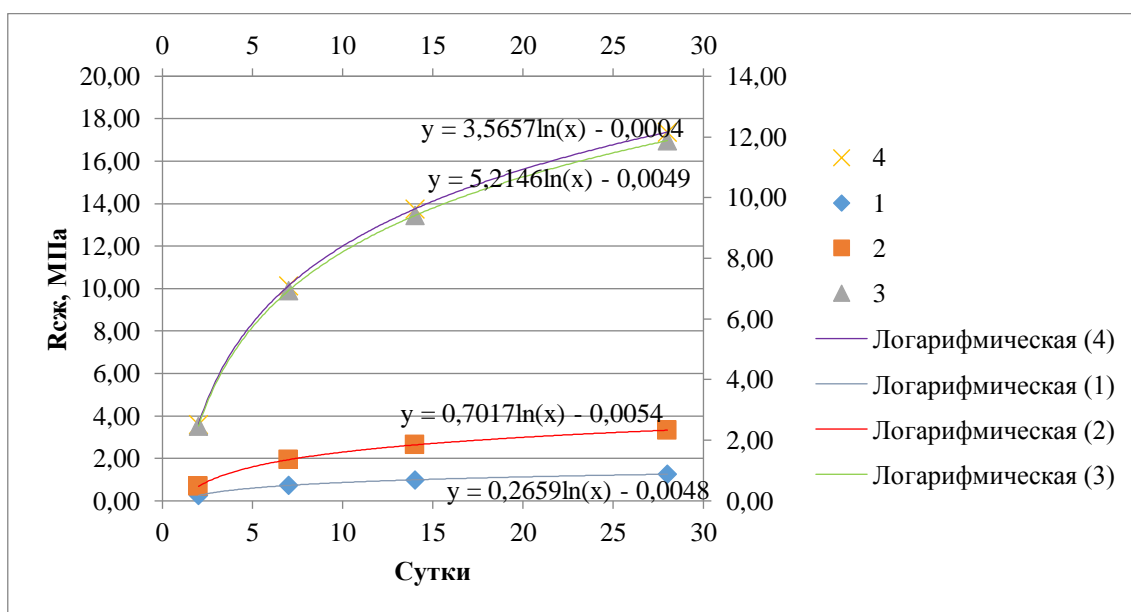


Рисунок 2. Результаты испытаний прочности на сжатие (разработано авторами)

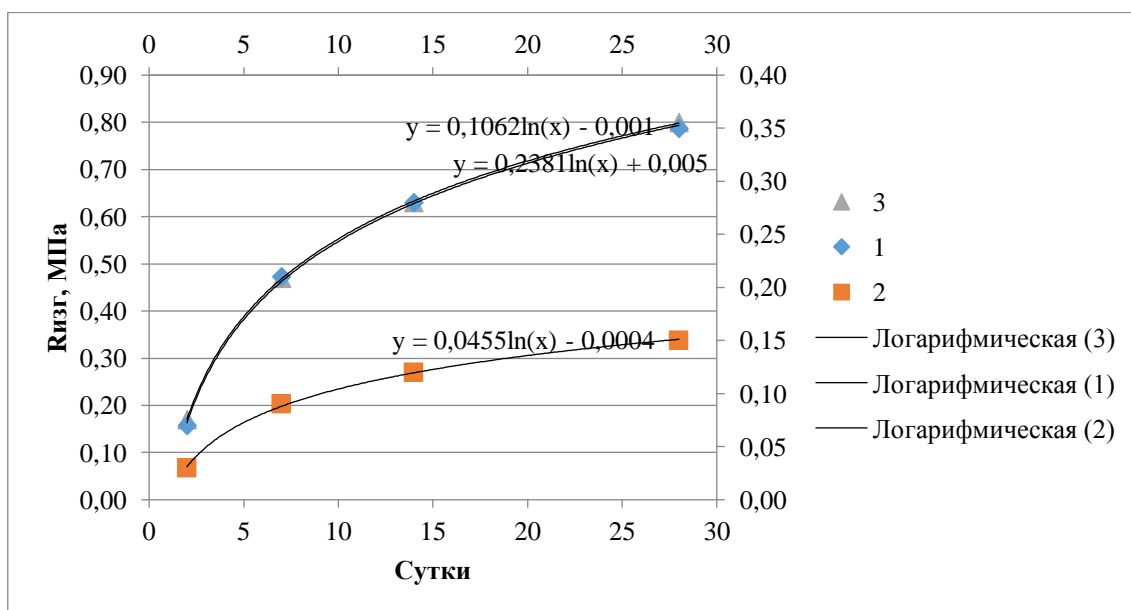


Рисунок 3. Результаты испытаний прочности на изгиб (разработано авторами)

Анализ полученных результатов (рисунок 2 и 3) показал, что у образцов составов №1 и №2 с бетонным ломом различной прочности показатель прочности при сжатии практически одинаков. Однако, прочность на изгиб у образцов с заполнителем из рядового бетона выше, чем из более прочного. По результатам исследований выявлено, что прочность бетонного лома не оказывает существенного влияния на прочность бетона. Это может быть связано с наличием больших пор у образцов, так как образцы, в составе которых было большее содержание цемента, имеют больший показатель прочности и на сжатие, и на изгиб. Таким образом, прочное оцепление слоев цементного камня с заполнителем является причиной повышения прочности бетона. На формирование структуры и увеличение прочности бетона влияет тонкопористое строение зерен цемента и раствора, присутствующих в заполнителе из бетонного лома.

Образцы из жесткой смеси имеют наибольший показатель прочности, чем образцы из подвижной смеси.

Пониженная прочность образцов с заполнителем на основе бетонного лома обусловлена и тем, что на зернах вторичного щебня присутствуют оставшиеся частицы цемента и раствора, в результате механической деструкции при дроблении их структура становится более пористой и величина водопоглощения такого щебня достигает 6–8 %. В результате эти факторы приводят к увеличению адгезии вторичного заполнителя с другими компонентами и уплотнению структуры бетона, благодаря чему повышается сцепление цементного камня с заполнителем [5]. Следовательно, вторичный заполнитель оказывает влияние на структуру и цементного камня, и на плотную контактную зону между цементным камнем и самим заполнителем.

Нами были изготовлены бетонные изделия (рисунок 4), а именно бордюрный камень и тротуарная плитка. Изделия были выполнены методом вибролитья.



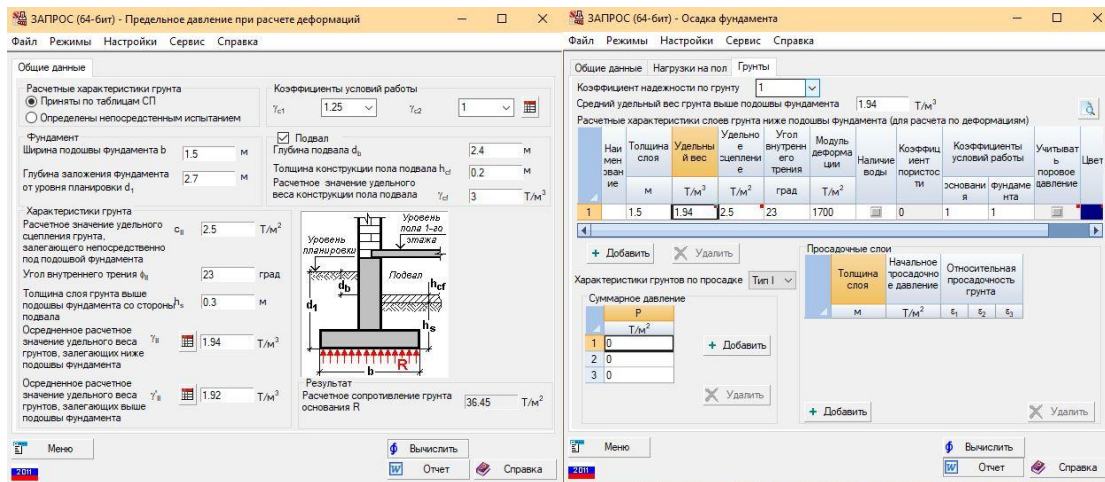
**Рисунок 4.** Тротуарная плитка и бордюрный камень (разработано авторами)

Рассчитаем ленточный монолитный фундамент с заполнителем из бетонного лома на естественном основании по двум группам предельных состояний: первая – по несущей способности, вторая – по деформациям.

Здание представляет собой жилой двухэтажный дом с подвалом, расположенный в Республике Хакасия г. Абакане (жилой район – Красный Абакан).

Принимаем ширину подошвы фундамента 1.5 м при глубине заложения 2.7 м. Определим расчетное сопротивление грунта и произведем расчет деформаций основания фундамента в программе ЗАПРОС (на базе ScadOffice). Данные представлены на рис. 5.





**Рисунок 5.** Расчет сопротивления грунта и осадка фундамента без учета просадок (разработано авторами)

Таким образом, получаем, что осадка фундамента составляет 0.45 см, а предельно допустимая осадка для данного здания  $S_u = 12$  см, следовательно, основное условие расчета основания фундамента по деформациям удовлетворено.

Фундамент, выполненный из бетона на основе заполнителя из бетонного лома, обладает необходимой несущей способностью и минимальной осадкой.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что бетонная смесь с щебнем из бетонного лома может применяться при возведении монолитных фундаментов при малоэтажном строительстве, бетонировании дорожек, отмосток, подготовке под чистые полы, изготовлении бордюрных камней, тротуарных плиток. Повторное использование бетонного лома в большинстве случаев целесообразно и отвечает принципам концепции «устойчивого развития», основные положения которой предусматривают экономию материалов и энергии, повышение долговечности конструкций и уменьшение негативного воздействия на окружающую природу, в том числе сохранение невозполнимых источников природных ресурсов.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных получению и применению вторичного заполнителя на основе бетонного лома, объемы использования этого материала в технологии бетона в России небольшие. Данное явление связано с экономическим фактором, который обусловлен достаточно большими запасами каменных горных пород и относительно низкой стоимостью щебня. Кроме того, для рентабельной работы предприятий по производству вторичного заполнителя важным фактором является стабильные поставки лома железобетонных конструкций, что часто не удается обеспечить при незначительных объемах сноса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фахратов М.А. и др. Эффективное использование отходов бетонного лома в качестве заполнителя в производстве бетонных и железобетонных изделий // Стройпрофиль. – 2012. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroyprofile.com/archive/4950>.
2. Ефименко А.З. Бетонные отходы – сырье для производства эффективных строительных материалов // Материалы. Технологии бетонов. – 2014. – № 2. – С. 17–21.
3. Гусев Б.В., Загурский В.А. Вторичное использование бетона. М.: Стройиздат, 1988. – 97 с.
4. Коровкин М.О. и др. Использование дробленного бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3 (37).
5. Ламжав О. Исследование свойства вторичного заполнителя и бетона, изготовленного из бетонного лома // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. VIII междунар. науч.-практ. конф. № 8(8). – Новосибирск: СибАК, 2017. – С. 71–77.
6. Заурбеков Ш.Ш., Муртазаев С-А.Ю., Сайдумов М.С., Абдуллаев М. Утилизация бетонного и железобетонного лома // Экология и промышленность России. – 2011. – №2.
7. Глужге П.И. Заполнители из разрушенного бетона. – Труды научно-технических институтов. Гидротехническое строительство. С. 27–28.
8. Балакшин А.С. Повышение эффективности малощебеночных бетонов путем комплексного использования бетонного лома: Автореферат дис ... канд. техн. наук. – Москва, 2010. – 123 с.
9. Коллинз АРДЖ. Использование вторичных материалов в качестве заполнителей в строительной промышленности. Стратегический доклад по стандартизации(проект): Европейская тематическая сеть (ETNrecy.net), апрель 2001 г.
10. Гордана Петкович, Якоб Мехус и Синнев А. Мирен Переработанный бетонный заполнитель - аспекты долговечности [отчет]. - Р. О. Vox 8142 Dep, 0033 Oslo, Norway: [s. n.].
11. Думитру И., Мунн Р., Сморгчевский г. прогресс в достижении экологической устойчивости бетонных и дорожных покрытий в Австралии, WASCON 2000, NorthYorkshire, 2000.
12. Фахратов М.А. и др. Организационные проблемы использования промышленных отходов // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 3 (50).

**Denisevich Dmitrij Sergeevich**

Siberian federal university  
Khakass technical institute (branch), Abakan, Russia  
E-mail: ewicz@mail.ru

**Dimakova Anastasiya Vyacheslavovna**

Siberian federal university  
Khakass technical institute (branch), Abakan, Russia  
E-mail: shnaider.alina@mail.ru; anastasiya2010dimakova@yandex.ru; alina.schnaider@mail.ru

**Shnayder Alina Viktorovna**

Siberian federal university  
Khakass technical institute (branch), Abakan, Russia  
E-mail: shnaider.alina@mail.ru

**Ibe Ekaterina Evgen'evna**

Siberian federal university  
Khakass technical institute (branch), Abakan, Russia  
E-mail: k\_andruyshina@mail.ru

## **Physical and mechanical features of materials on the basis of concrete scrap**

**Abstract.** This article is part of a master's dissertation research on the topic: "Research of physical and mechanical features of materials based on secondary concrete" 2nd year master's student A.V. Schneider.

In this paper, the authors consider the use of concrete scrap as a filler in the manufacture of concrete and reinforced concrete products. Due to insufficient research on the technical properties of concrete scrap, a number of tests were conducted. The laboratory on the basis of the Khakass technical Institute, a branch of the Siberian Federal University, was chosen as the site for conducting experimental methods of work. Tests were carried out on the M-125 press. The object of research of the final qualification work is products based on concrete scrap. The subject of research is the possibility of using concrete scrap as a filler in the manufacture of small-piece concrete products without deterioration of construction and technical properties. The article considers Soviet, Russian and foreign experiences of using secondary crushed stone. Based on this, it can be seen that concrete scrap is actively used in construction. The advantage of using it is also a reduction in the cost of work and efficiency. The authors conducted experimental studies on the physical and mechanical properties of concrete based on aggregate from concrete scrap. The strength of samples made by the method of contact-condensation materials with the use of additives-activators is analyzed. All tables and photos are designed and made independently by the authors of the article.

**Keywords:** concrete; reinforced concrete; aggregate; concrete scrap; secondary crushed stone; recycling; construction waste; recycling of concrete scrap; concrete based on scrap; physical and mechanical properties of concrete; vibropressing; contact hardening method; strength of concrete; concrete structure; additives-activators