

6 Расчёт крепления груза: методика и коэффициенты трения. – URL: <https://www.dolezych.de> (дата обращения: 14.05.2025).

7 **Сушко, С. В.** Организация международных автомобильных перевозок пассажиров в нерегулярном сообщении : учеб.-метод. пособие / С. В. Сушко. – Гомель : БелГУТ, 2008. – С. 23–31.

8 Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30 июня 2008 г. № 970 «Об утверждении Правил автомобильных перевозок грузов». – URL: <https://etalonline.by> (дата обращения: 10.05.2026).

9 Европейское соглашение, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР). – URL: <https://tahograf.by/cp10977-rezhim-truda-i-otdyha-estr.html> (дата обращения: 18.05.2025).

10 Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях : 6 янв. 2021 г. № 91-3 : принят Палатой представителей 18 дек. 2020 г. : одобр. Советом Респ. 18 дек. 2020 г. – URL: <https://etalonline.by> (дата обращения: 10.05.2026).

11 Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях : 30.12.2001 № 195-ФЗ : принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г. : одобр. Советом Федерации 26 дек. 2001 г. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 10.05.2026).

Получено 28.05.2026

ISSN 2227-1155. Сборник студенческих научных работ.

Вып. 31. Гомель, 2026

УДК 625.072 : 69.059.64

В. С. МАТВЕЙЧИКОВА (ПС-22)

Научный руководитель – канд. техн. наук *А. А. ВАСИЛЬЕВ*

ВТОРИЧНЫЙ ЩЕБЕНЬ

Рассматриваются вторичный щебень и его применение. Приведены состав и свойства вторичного щебня. Выполнен анализ показателей компонентов вторичного щебня – минерального заполнителя и цементно-песчаного камня для фракции 10–20 мм. Приведены физико-механические характеристики вторичного щебня для различных фракций. Рассмотрены этапы производства вторичного щебня. Представлены классы качества вторичного щебня и их характеристика. Приведены преимущества и недостатки применения вторичного щебня. Представлены области применения вторичного щебня и решаемые задачи.

Введение. Вторичный щебень – современный строительный материал, получаемый путём переработки бетонных, железобетонных и кирпичных отходов. Он сочетает в себе прочность природного щебня и экологичность, поскольку позволяет повторно использовать строительный лом и снижать

нагрузку на природные ресурсы. Благодаря доступной цене и широкому спектру фракций вторичный щебень активно применяется в дорожном строительстве, дренажных системах, благоустройстве и подготовительных работах [1].

Основная часть. Состав вторичного щебня: цементный камень – 30–45 %, крупный заполнитель – 20–25, песок – 20–25, кирпич – 5–10 %.

Свойства вторичного щебня представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства вторичного щебня

Показатель	Описание
Состав	Цементный камень, песок, заполнители, фрагменты кирпича/асфальта
Прочность	M350 – M800 (бетонный – M600, с кирпичом – M350); ниже гранитного (M1200+)
Морозостойкость	F15–F100: бетонный – до F100, кирпичный – около F50
Водопоглощение	Высокое, выше, чем у природного камня
Лещадность	15–20 %, подходит для трамбовки и уплотнения
Плотность	Насыпная – 1,2 т/м ³ ; плотность зёрен – 2000–2300 кг/м ³

Состав минерального заполнителя во вторичном щебне приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав минерального заполнителя во вторичном щебне

Фракция, мм	Содержание, %				
	Гранит	Габбро-диабаз	Кварцит	Гравий	Металлургический шлак
5–10	86,3	8,3	5,4	–	–
10–20	70,8	14,1	5,5	5,4	4,2
20–40	57,8	22,1	2,6	10,1	7,4

Характеристика компонентов вторичного щебня – минерального заполнителя и цементно-песчаного камня для фракций 10–20 мм представлена в таблице 3 [2].

Таблица 3 – Сравнительная характеристика физико-механических свойств компонентов вторичного щебня фракций 10–20 мм

Показатель	Минеральный заполнитель	Цементно-песчаный камень
Средняя плотность, г/см ³	2,67	2,1
Водопоглощение, %	0,26	8,3
Прочность (потеря массы при испытании), %	13,1	29,3
Морозостойкость (марка)	F200	F15
Сопротивление удару (потеря массы при испытании), %	10,2	43,4

Качество вторичного щебня зависит от доли цементного камня: он обладает высоким водопоглощением, низкой прочностью и морозостойкостью, разрушаясь первым. Мелкие фракции (5–10 мм) состоят в основном из цемента и менее качественны. Крупные фракции (20–40 мм) содержат больше прочного минерального заполнителя, поэтому они прочнее и долговечнее. Эту неоднородность важно учитывать при выборе технологии, сфер применения и ценообразовании.

Физико-механические характеристики вторичного щебня для различных фракций приведены в таблице 4 [1].

Таблица 4 – Физико-механические характеристики вторичного щебня для различных фракций

Показатель	Значения показателей для фракций		
	5–10 мм	10–20 мм	20–40 мм
Средняя плотность, г/см ³	2,31	2,34	2,41
Водопоглощение, %	7,2	5,7	4,4
Содержание лещадных зерен, %	25,4	14,2	11,9
Прочность (потеря массы при испытании), %	21,9	17,2	14,9
Марка по истираемости (потеря массы при испытании), %	И4(45,9)	И2(33,1)	И2(28,3)
Морозостойкость (марка)	F25	F50	F50
Сопротивление удару (потеря массы при испытании), %	32,1	18,3	10,6

Этапы производства вторичного щебня приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы производства вторичного щебня

Этап	Результат
1 Демонтаж (разрушение конструкций, образование строительного лома)	Бой бетона, ЖБИ, кирпичный лом
2 Доставка и подача (погрузка и транспортировка на ДСК, подача в бункер)	Сырьё подготовлено к переработке
3 Переработка (грохочение → дробление → магнитная сепарация → сортировка)	Фракции 0–5, 5–20, 20–40, 40–70 мм; металлолом
4 Складирование (размещение фракций в отдельные штабели)	Готовый вторичный щебень
5 Применение (использование в строительстве и дорожных работах)	Возврат материала в цикл

Классы качества вторичного щебня и их характеристика.

1-й КЛАСС – Бетонный щебень.

Состав: ≤ 5 % кирпичных примесей; прочность: М600.

Морозостойкость: F100.

Лещадность: ~ 15 %.

Применение: дороги, ЖБИ, фундаменты, бетон, дренаж.

2-й КЛАСС – Бетонно-кирпичная смесь.

Состав: $\sim 70\%$ бетона, $\sim 30\%$ кирпича.

Прочность: М350.

Морозостойкость: F50.

Лещадность: до 20 %.

Применение: временные дороги, подсыпки, траншеи, площадки, ландшафт.

3-й КЛАСС – Смешанный (низкосортный).

Состав: бетон + кирпич + асфальт + грунт.

Прочность: М150–М250.

Морозостойкость: F15–F25.

Лещадность: высокая.

Применение: технические подсыпки, насыпи, рекультивация.

Преимущества вторичного щебня [3]: экономическая выгода – значительно ниже цены гравийного и гранитного щебня; морозоустойчивость – подходит для железобетонных изделий (хотя уступает гранитному); экологичность – снижает нагрузку на среду за счёт переработки мусора. Недостатки: пониженная прочность – не для несущих конструкций и дорог с высокой нагрузкой; неоднородность – возможны посторонние включения; высокая влажёмкость – ускоряет разрушение при замерзании/оттаивании.

Применение вторичного щебня зависит от его фракции: щебень фракции 0–5 мм (отсев) применяется для выравнивания оснований, подушек под плитку, как противогололёдный материал; фракции 5–20 мм – в качестве декора, для садовых дорожек, бетона класса по прочности на сжатие до $S^{20}/_{25}$, дренажа; 20–40 мм – подсыпка под дороги, основания зданий, инженерные сети; 40–70 мм – массовые конструкции, укрепление склонов, подсыпка под фундаменты лёгких сооружений.

Область применения вторичного щебня обширна. Направления применения и основные задачи использования вторичного щебня приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Применение вторичного щебня

Направление применения	Основные задачи
Строительство	Подсыпка под полы, подготовка оснований, фундаменты лёгких сооружений, обратная засыпка котлованов
Дорожное строительство	Дороги с низкой нагрузкой, временные подъезды, стоянки; мелкие фракции – противогололёдная обработка
Инженерные сети	Дренажные слои, подземные сооружения, коллекторы, ремонт ж/д путей, засыпка траншей
Бетонные смеси	Заполнитель для бетона до класса по прочности на сжатие C^{20}_{25} , снижение расхода цемента, производство плит и блоков
Ландшафт и благоустройство	Садовые дорожки, декоративные зоны, укрепление берегов, оформление водоёмов
Экологические и инженерные задачи	Укрепление склонов, стабилизация грунтов, устройство фильтрующих слоёв, рекультивация территорий
Промышленное применение	Пригруз кровель, заполнение технологических карт, подсыпка под оборудование

Заключение. Вторичный щебень – оптимальный материал для дорожных работ, дренажа, подсыпок, благоустройства и фундаментов лёгких построек, позволяющий существенно снизить стоимость строительства и одновременно повысить экологическую устойчивость отрасли. При грамотном подборе фракции и соблюдении технологии он обеспечивает надёжность и долговечность конструкций, полностью оправдывая своё применение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Луканин, А. В. Полная переработка бетонолома во вторичный щебень / А. В. Луканин // Экология и промышленность России. – 2012. – № 4. – С. 16–19.
- 2 Бибик М. С. Влияние физико-механических характеристик рециклированного щебня из дробленого бетона различных классов по прочности на сжатие на свойства бетонной смеси и бетона / М. С. Бибик, С. Д. Семенюк // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2010. – № 3(28). – С. 128–134.
- 3 Протасов, Н. Вторичный щебень: ценное сырьё или вредная добавка? / Н. Протасов // Справочник эколога. – 2013. – № 5. – С. 87–96.

Получено 20.05.2026