

Полная переработка бетонолома во вторичный щебень

Complete recycling of concrete breakers into secondary crushed stone

Луканин А.В.

д-р техн. наук, профессор, Российский университет дружбы народов, г. Москва
e-mail: lukanin@bk.ru

Lukanin A.V.

Doctor of Engineering, professor, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow
e-mail: lukanin@bk.ru

Аннотация

Разработана технология и оборудование для полного разделения вторичного грохота щебня (0-20 мм) на фракции промышленного качества с использованием аэровибрационных грохотов, циклонов и рукавных фильтров.

Ключевые слова: бетонные изделия, железобетонные изделия, строительный щебень, металлическая арматура, промышленная переработка.

Abstract

The technology and equipment for the complete separation of secondary crushed stone screening (0-20 mm) to commercial quality fractions using aero vibrating screens, cyclones and bag filters have been developed.

Keywords: concrete products, reinforced concrete products, building rubble, metal fittings, industrial processing.

Некондиционные бетонные и железобетонные изделия, многоэтажные дома, отслужившие свой срок, отходы производства строительных материалов после переработки превращаются в строительный щебень вторичного происхождения. Металлическая арматура идет в переплавку и используется повторно. На сегодняшний день очень мало информации о том, какая доля строительных отходов используется для получения так называемой «вторички» – вторичного бетонного, кирпичного и асфальтного щебня. В Европе, например, рециклинг в строительстве составляет до 60%, в Японии до 98%, а у нас же – от силы 15%.

Область применения вторичного бетонного щебня очень широка, это: обустройство щебеночных оснований под полы и фундаменты зданий; устройство нижних слоев дорог при производстве бетонных и железобетонных изделий; при подсыпке под тротуарные дорожки; при подсыпке под автостоянки и асфальтируемые площадки; в ландшафтной архитектуре и др.

Для разделения измельченных твердых тел на фракции с зернами одинаковой величины применяют грохочение [3,4,14,15]. Хотя процесс грохочения является универсальным способом классификации, однако он имеет некоторые недостатки: недостаточная четкость разделения материала на классы, большие габариты аппарата, сложность смены сит.

Технологическая схема производства вторичного щебня.

Общая схема производства вторичного щебня состоит из следующих основных стадий: *Сбор отходов.* Строительный мусор грузовым транспортом свозится на сортировочную площадку. *Предварительная сортировка.* Из завезенного материала отбирают крупногаба-

ритные части железобетона, которые собирают по характеру материала в накопительные места хранения, для дальнейшей переработки. *Измельчение крупногабаритного железобетона.* Крупногабаритный железобетон измельчается на части, удобные для последующего дробления, с помощью металлического шара («шар-баба»). Извлекается металлическая арматура. Измельченный бетон и металл разделяют по накопителям. Далее по схеме (рис. 1) *Измельчение бетона.* Подготовленный материал загружается в приемный бункер щековой дробилки и измельчается. После дробления из материала магнитным сепаратором извлекаются металлические включения. *Сортировка щебня по фракциям.* После дробления по конвейеру щебень поступает в виброгрохот, где происходит разделение материала по фракциям. Фракции менее 20 мм подвергаются дальнейшей классификации в аэровиброгрохоте и последующих стадиях технологической схемы. Фракции 20-40 и 40-70 мм складываются и затем отправляются потребителю. Щебень размером более 70 мм проходит повторное дробление.

Мелкие фракции щебня, полученные из отсева различного гранулометрического состава, используют следующим образом. Менее 0,5 мм в виде мелкодисперсного порошка используют в качестве добавки в состав асфальтобетонной смеси для повышения ее однородности, а также в качестве пигмента и пр. С размером частиц от 0,5 до 2 мм в качестве тонкодисперсных наполнителей бетонных смесей в количестве до 30% для производства строительных материалов. При этом себестоимость бетона снижается на 25%. С размером частиц от 2 до 5 мм в качестве антигололедного средства, которое закрепляется на поверхности снежно-ледяных отложений, повышая коэффициент сцепления. Применять полученную крошку целесообразно на пешеходных дорожках во дворах, парках, скверах и на внутривортовых проездах. В настоящее время в качестве подсыпки используется гранитная крошка, которая является дорогостоящим материалом. Замена ее на отсев дробленого бетонного лома позволит значительно снизить расходы на антигололедные средства. С размером частиц от 5 до 20 мм при формировании верхних слоев дорожных насыпей, откосов, оснований дорог. Этот щебень может использоваться также для укрепления слабых грунтов, когда необходима подсыпка траншей при прокладке инженерных сетей, при подсыпке под автостоянки и асфальтируемые площадки. Добавляют щебень этих фракций также в асфальтобетонные покрытия в количестве 20–40%.

Аэрационно-вибрационный разделитель

Хотя в настоящее время известно много способов разделения сыпучих материалов, но не один из них не позволяет максимально эффективно утилизировать отсев дробления бетонного лома. Технической задачей, на решение которой направлена разработка нового типа разделителя, является повышение степени утилизации строительных железобетонных отходов путём дополнительного разделения ранее неиспользуемого отсева фракций 0,5–20 мм и придания им товарных форм.

Поставленная задача решается применением новой конструкции грохота, в котором классификацию щебня осуществляют путем сочетанного воздействия механической вибрации и аэрации в вибрационно-аэрационном разделителе. На этот способ разделения и конструкцию аппарата получен патент РФ [1]. Преимущества разработанного нами вибрационно-аэрационного разделения щебня следующие: простота конструкции, дешевизна, высокое качество разделения материала, возможность полного разделения материала по фракциям.

Вибрационно-аэрационный разделитель (рис. 2) включает корпус 1 с патрубком 2 загрузки и патрубками выгрузки 3, 4, 5 соответственно. Для обеспечения эффективного разделения корпус 1 выполнен двухуровневым. В корпусе 1 размещены две горизонтальные перфорированные решетки 6 и 7 соответственно. По крайней мере, один уровень корпуса состоит из двух частей, разделенных, по меньшей мере, двумя последовательно установленными подпружиненными шиберными заслонками 8 и 9 для предотвращения уноса мелких фракций. Патрубки корпуса могут быть также снабжены подпружиненными шиберными заслонками 10. Подпружиненные шиберные заслонки в ненагруженном состоянии полностью и без зазоров перекрывают проходное сечение патрубков уровней корпуса. Заслонки выполнены с возможностью открываться только в направлении перемещения материала (в направ-

лении вибрации). Корпус грохота 1 установлен на опорных пружинах 11 и соединен с вибрационным приводом 12.

Бетонный лом подают в вибрационно-аэрационный разделитель на первый уровень через патрубок 2 загрузки на горизонтальную перфорированную решетку 6 с диаметром перфорации менее 5 мм. Дробленый бетонный лом разделяют, по меньшей мере, на три фракции. Отсев фракций размером от 5 мм до 20 мм перемещается за счет вибрации в направлении патрубка 5 выгрузки и выгружается из разделителя.

Часть дробленого бетонного лома размером меньше 5 мм просеивается через горизонтальную перфорированную решетку 6 и попадает на горизонтальную перфорированную решетку 7 с диаметром перфорации 2 мм. Таким образом, на первой стадии разделения на верхнем уровне получают щебень с размером частиц более 5 мм. На нижнем уровне осуществляют вторую стадию разделения, на которой фракции с размером частиц менее 2 мм просеивают сквозь горизонтальную перфорированную решетку 7 и выгружают из разделителя через патрубки 4 выгрузки. Оставшийся продукт в виде фракций с размером частиц от 2 мм до 5 мм перемещается за счет вибрации в направлении патрубка 3 выгрузки и выгружается из разделителя.

Для отделения налипших мелких фракций (0,071 до 1 мм) на крупном щебне (5,0–20 мм) осуществляется подсушка щебня путем обдува его горячим воздухом. Для этого (рис. 2) в устройство через патрубок подают горячий воздух, под воздействием которого налипший на крупных фракциях песок с размером частиц от 0,071 мм до 1,0 мм подсушивается и подается вместе с горячим воздухом на очистку в циклон (устройство центробежного разделения газопылевых потоков).

Разделение фракций размера песка в одиночном циклоне

Циклоны являются наиболее распространенными аппаратами газоочистки, широко применяемые для отделения пыли от газов и воздуха. При небольших капитальных затратах и эксплуатационных расходах циклоны обеспечивают очистку газов эффективностью 80–95% от частиц пыли размером более 10 мкм. В основном их рекомендуется использовать для предварительной очистки газов и устанавливать перед высокоэффективными аппаратами (например, фильтрами или электрофильтрами). В ряде случаев достигаемая эффективность циклонов оказывается достаточной для выброса газов или воздуха в атмосферу [2, 5, 12, 13].

При изучении фракционного состава отсева вторичного щебня [7] было выяснено, что он распределяется следующим образом: 0-2мм – 20%, 2-5мм – 35% и 5-20мм – 45%. Причем половина самой мелкой фракции (0-2мм) в аэровиброгрохоте не разделяется, а проходит его транзитом. Для разделения этой части песка в схеме предусмотрен одиночный циклон типа ЦН-15. Характеристика песка подаваемого на разделение в циклон и результаты расчетов циклона представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика песка, подаваемого в циклон на разделение

Размер частиц, d_m , мкм	<1, 5	1,5- 4	4- 10	10- 15	15- 30	30- 50	>50
Дисперсия а, %	2,2	2,5	12,8	23,4	35,4	15,5	8,2

Разделение фракций мелкого песка в батарейном циклоне

Батарейный циклон – аппарат, составленный из большого количества параллельно установленных циклонных элементов, объединенных в одном корпусе и имеющих общие подвод и отвод газа, а также сборный бункер. Эффективность разделения в батарейных циклонах существенно выше, чем в одиночных, поскольку циклонные элементы имеют диаметр 150–250 мм, а при данной окружной скорости величина центробежной силы обратно пропорцио-

нальна радиусу вращения [2, 6]. Для наших целей возможно применение батарейных циклонов практически любой марки (ЦБ-254Р, ЦБ-231У, ЦБ-2 ПЦБ и др.). Характеристика песка, подаваемого на разделение в батарейный циклон, и результаты расчетов батарейного циклона представлены в табл. 2

Таблица 2

Характеристика песка, подаваемого в батарейный циклон

Размер частиц, d_m , мкм	<1,5	1,5-4	4-10	10-15	15-30	30-50	>50
Дисперсия, а %	10	10	28,3	18,7	19,3	8,9	4,7

Завершающая стадия отделения самых мелких фракций в рукавном фильтре

В теории фильтрования степень разделения твердых частиц в общем виде определяется следующей функциональной зависимостью: $\eta = f(Stk, R, D, G, K)$, где: Stk, R, D, G, K – безразмерные параметры осаждения частиц за счет эффектов инерции, касания, диффузии, гравитационных и электрических сил [2, 12, 13]. При разделении мелкого песка и промышленных пылей, наибольшее значение имеют механизмы захвата за счет сил инерции и касания [8, 9, 10, 11]. Ограничившись двумя этими механизмами, суммарный коэффициент улавливания (разделения) частиц определится из выражения $\eta = 1 - (1 - \eta_{Stk}) \times (1 - \eta_{кас})$. Характеристика песка, подаваемого на разделение в рукавный фильтр, и результаты расчетов фильтра представлены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика песка, подаваемого в рукавный фильтр

Размер частиц, d_m , мкм	<1,5	1,5-4	4-10	10-15	15-30	30-50	>50
Дисперсия, а %	24,3	21,2	34,2	10,3	6,0	2,6	1,4

Таким образом, разработана новая комплексная установка классификации вторичного щебня, позволяющая утилизировать мелкие фракции размером 0 – 20 мм, прежде не используемые из-за отсутствия необходимого оборудования. Все фракции имеют товарную ценность. Кроме того, при этом существенно снижается антропогенная нагрузка производства на окружающую природную среду. Результаты расчетов и экспериментов по разделению мелких фракций вторичного щебня установки производительностью 40 000 кг/час представлены в результирующей табл. 4.

Таблица 4

Классификация вторичного щебня на комплексной установке

Параметр	Аэровиброгрохот				Одиночный циклон	Батарейный циклон	Рукавный фильтр
	≥ 20	5,0-20	2,0-5,0	0,5-2,0			
Фракции, мм	≥ 20	5,0-20	2,0-5,0	0,5-2,0	0,01-0,05	0,004-0,015	0,0015-0,004
кг/час	22 000	6550	3450	3580	3787	510	123
%	55	16,38	8,62	8,95	9,47	1,28	0,3

Литература

1. *Луканин А.В.* Способ утилизации бетонного лома. Патент РФ №2425723 от 11.08.2011г.
2. Справочник по пыли - золоулавливанию./ Под общ. Ред. А.А. Русанова.- 2-изд., М., Энергоатомиздат, 1983.-312 с., ил.
3. *Анохин В.Д., Плисс В.А., Монахов В.Н.* Вибрационные сепараторы. – М.: Недра, 1991. – 157 с.
4. *Мизонов В.Е., Ушаков С.Г.* Аэродинамическая классификация порошков. – М., Химия, 1989. – 160 с.
5. Циклоны НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. Ярославль, Верхне - Волжск. кн. изд-во, 1971г. 95с.
6. Батарейные циклоны. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. М., Госхимиздат, 1955. 104с.
7. *Коузов П.А.* Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л.: Химия, 1974. – 280 с.
8. *Ужов В.Н., Мягков Б.И.* Очистка промышленных газов фильтрами М.: Химия, 1970. – 320 с.
9. Рукавные фильтры/ Моргулис М. Л., Мазус М. Г. И др. М.: Машиностроение, 1977. 256с.
10. Газоочистное оборудование. Каталог, М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМаш, 1981. 72с.
11. Газоочистное оборудование. Рукавные фильтры. Каталог, М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМаш, 1989. 11с.
12. *Банит Ф.Г., Малыгин А.Д.* Пылеулавливание и очистка газов в промышленности строительных материалов. М.: Стройиздат, 1979. – 352 с.
13. *Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К.* Очистка промышленных газов от пыли.- М.: Химия, 1981. – 392 с., ил.
14. *Луканин А.В.* Инженерная экология: защита литосферы от твердых промышленных и бытовых отходов. Учебное пособие. М., ИНФРА-М. 2018. – 556 с.
15. *Луканин А.В.* Инженерная биотехнология: процессы и аппараты микробиологических производств, М., ИНФРА-М, 2016. – 451 с.

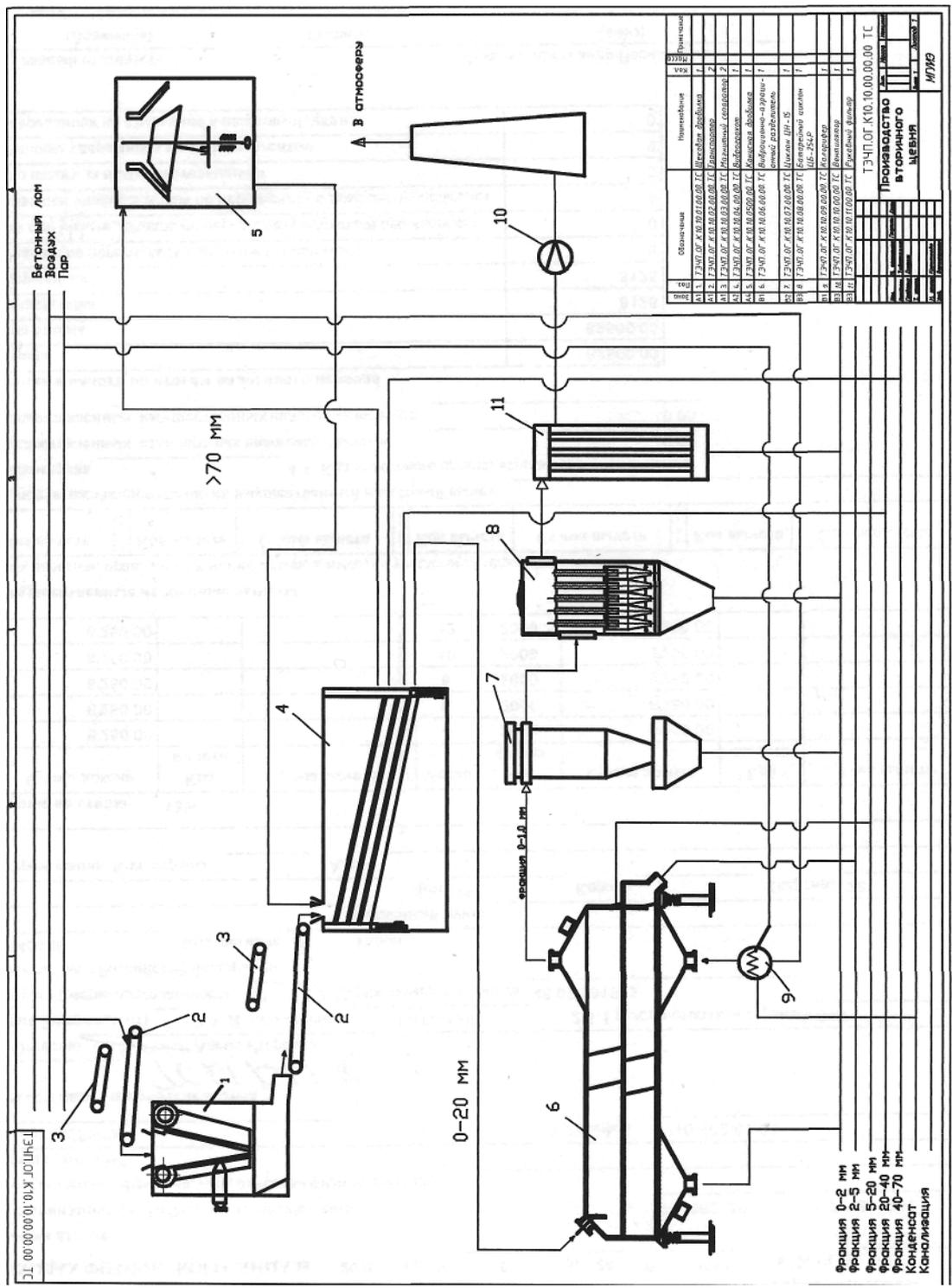


Рис. 1. Технологическая схема производства вторичного щебня.

1-щековая дробилка, 2-транспортер, 3-магнитный сепаратор, 4-виброгрохот, 5-конусная дробилка, 6-вибрационно-аэрационный разделитель, 7-циклон Ц-15, 8-батарейный циклон, 9-калорифер, 10-вентилятор, 11-рукавный фильтр.

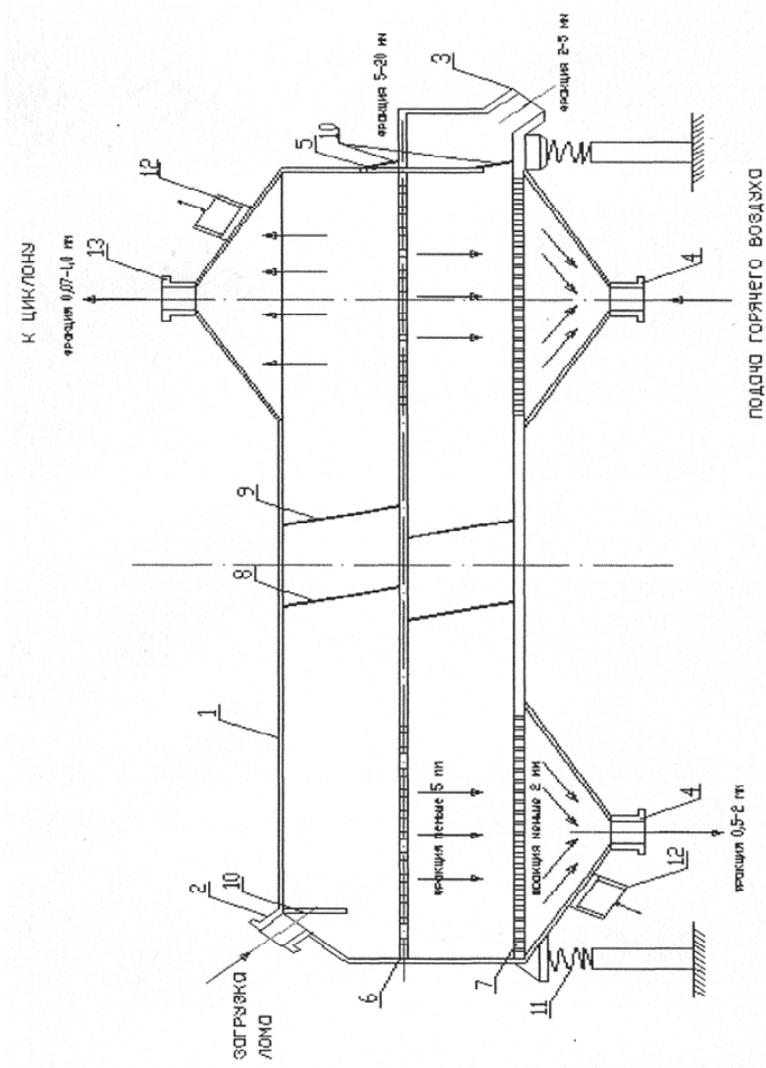


Рис. 2. Аэрационно-вибрационный разделитель:

1 – корпус; 2 – патрубок загрузки; 3, 4, 5 – патрубки выгрузки; 6, 7 – перфорированные перегородки; 8, 9, 10 – шиберные заслонки; 11 – опорные пружины; 12 – вибрационный привод; 13 - патрубок выхода воздуха с мелкими частицами бетона.