

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

К. А. Яковенко, к.т.н., доцент; В. А. Искрин

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

**Аннотация.** Проблеме переработки различных видов отходов уделяется все больше внимания в научной среде. Строительные отходы составляют значительную часть твердых коммунальных отходов, при этом процесс переработки строительных отходов относительно простой и экономически целесообразный. При переработке строительных отходов в последнее время широко используют мобильные установки для дробления. В данной статье рассмотрены различные виды мобильных установок для дробления строительных отходов, кратко представлены принципы их работы. Проведен анализ их основных характеристик, рассмотрены недостатки и преимущества, на основе всех данных представлены предварительные выводы по использованию мобильных установок для дробления строительных отходов.

**Ключевые слова:** строительные отходы, дробление, переработка, мобильные установки для дробления.



*Яковенко Константин  
Анатольевич*



*Искрин  
Василий Алексеевич*

В современном мире актуальность проблемы сбора и переработки твердых коммунальных отходов уже не вызывает сомнения. Проблема конечности природных ресурсов становится также актуальнее с каждым годом. Одним из путей частичного решения этих проблем является переработка отходов и их вторичное использование.

Данная работа связана с проблематикой переработки строительных отходов, которые занимают по разным оценкам от 20 до 50 % всего объема твердых коммунальных отходов [10]. **Строительные отходы** – это отходы, образующиеся в процессе осуществления юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями экономической деятельности по возведению, реконструкции, капитальному и текущему ремонту, реставрации, благоустройству, монтажу, демонтажу, разборке и сносу зданий и сооружений, промышленных объектов, дорог, инженерных и других коммуникаций, включающей выполнение организационно-технических мероприятий, специальных, монтажных и пусконаладочных работ. К отходам от сноса ветхих сооружений принято причислять кирпичную кладку, бетон и железобетон, строительный раствор, гипсовые плиты, дерево, обломки санитарных керамических изделий, изоляционные материалы. При переработке полотна подлежащих реконструкции дорог образуется строительный лом, состоящий из иных компонентов – асфальт, бетон, дегтевые субстанции, щебень, бортовой камень, брусчатка, песок и земля.

Переработка строительных отходов представляет собой несложный технологический процесс, который включает предварительную сортировку и дробление отходов. После дробления отходы используются в общем виде, или же могут пройти разделение на фракции на вибрационных или роторных (баранных) грохотах. Особый интерес представляют мобильные установки для дробления строительных отходов. В настоящее время существует большой выбор таких установок, преимущественно импортного производства.

Целью данной работы является обзор основных видов доступных мобильных установок для дробления строительных отходов, фирм производителей оборудования, принципов работы различных установок, сравнение основных характеристик различных моделей.

Изначально дробилки проектировались и изготавливались исключительно для переработки нерудных материалов, в большей степени – взорванной горной породы: гранитов или известняков. С появлением необходимости переработки и утилизации отходов строительного производства, характеризующихся широким и переменным спектром значений вышеприведенных параметров, началась стремительная специализация дробильных машин [7].

Мобильные установки для дробления могут размещаться:

– непосредственно в месте образования строительных отходов (стройплощадка, демонтаж зданий, реконструкция сооружений), что позволяет сократить расходы на

сбор и транспортировку отходов и дает возможность использовать продукты переработки для нового строительства;

– на полигоне для строительных отходов (мобильность позволяет перемещать установку по полигону по мере необходимости).

Мобильные установки для дробления строительных отходов делят на следующие типы: колесные (перемещаются тягачом), гусеничные (самоходные), на лыжах (перемещаются автокраном), навесное оборудование на экскаватор.

По принципу работы можно выделить следующие типы установок:

- щековые установки;
- роторные установки;
- конусные установки;
- центробежно-ударные установки;
- валковые установки.

В настоящее время наибольшее распространение получили щековые, конусные и роторные мобильные дробильные установки.

Мобильные дробильные установки наиболее удобным для переработки строительного каменного лома, куски которого имеют размер меньший, чем приемное отверстие дробилки. В связи с тем, что большая часть железобетонных плит и блоков имеют значительные размеры, требуется предварительное измельчение каменного лома с помощью специальной техники с навесным оборудованием, таким как гидромолоты, измельчитель для бетона или гидромолот. При предварительном измельчении необходимо уделить особое внимание удалению арматуры из бетона.

**Щековые установки.** Основной способ дробления щековой дробилки – раздавливание за счет сжатия материала между подвижной и неподвижной щеками (металлическими броневыми плитами). Одна из щек дробилки устанавливается в неподвижном положении, вторая щека крепится на шатуне, обеспечивающем перемещение верхнего края щеки так, что щека совершает качающееся движение. Вал шатуна приводится во вращение через клиноремённую передачу от двигателя (электрический, дизельный). На этом же валу крепится второй шкив, играющий роль маховика и противовеса для основного шкива. Нижний край подвижной щеки имеет возможность регулировки положения в горизонтальном направлении, этим регулируется максимальная крупность материала на выходе из дробилки. Щеки образуют клинообразную форму

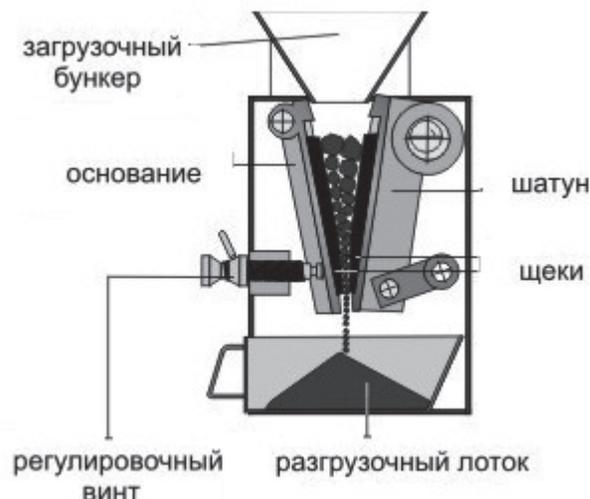


Рис. 1. Схема щековой дробильной установки

камеры дробления, в которой материал под действием силы тяжести продвигается после разрушения от верхней части, в которую загружаются крупные куски, до выходной (разгрузочной) щели. Схема щековой дробильной установки приведена на рис. 1.

Различают дробилки с простым и сложным движением «щек». Дробилки с простым движением предназначены в основном для крупного дробления прочных и абразивных материалов. Чаще всего они используются как дробилки первичного дробления. Дробилки со сложным движением щеки больше подходят для среднего и мелкого дробления материалов средней прочности и абразивности. Сложное движение, в котором раздавливание сочетается с истиранием, производительнее, но быстрее изнашивает броневые плиты, при этом сама конструкция дробилки проще, в ней меньше движущихся частей, чем в дробилке с простым движением. Из-за меньшей массы и размеров дробилки со сложным движением зачастую используют и при дроблении прочных и абразивных пород, в частности на мобильных дробильно-сортировочных установках, где указанные преимущества имеют решающее значение [1].

В таблице 1 приведены основные характеристики мобильных установок для дробления строительных отходов с щековым механизмом от разных производителей, на рис. 2 показан внешний вид рассматриваемых установок.

Таблица 1.

Основные характеристики мобильных щековых установок

Страна производитель	Швеция	Великобритания (Ирландия)	Канада	Германия
Название/модель	SandvikUJ310	TEREX FINLAY J-1175	McCLOSKEY J45	Kleemann MC 110 R EVO
Год выпуска	2015	2020	2017	2013
Масса, т	49	51	43,9	38,5
Мощность, кВт	134	261	257	248
Производительность т/ч	270	475	300	300
Загрузочное отверстие, мм	1045x840	1070x760	1140x688	1100x700
Цена, руб.*	26 864 460 (новый)	27 986 800 (новый)	24 000 000 (новый)	13 550 535 (б/у)

\* Цены взяты с [4], большая часть сайтов не предоставляет данных о цене без оформления заказа техники.



Sandvik UJ310



TEREX FINLAY J-1175



McCLOSKEY J45



Kleemann MC 110 R EVO

Рис. 2. Рассматриваемые модели щековых мобильных дробилок

К основным достоинствам щековых установок относится простота конструкции, легкость замены истираемых деталей, удобство обслуживания и ремонта.

Недостатки щековых дробилок: значительные вибрации оборудования; в связи с необходимостью равномерной подачи материалов нуждаются в установке питателя; сменные части изнашиваются быстрее, чем сменные части конусных дробилок.

**Роторные установки.** В роторных дробилках разрушение материала происходит в результате его попадания на вращающийся с большой скоростью ротор, на котором укреплены билы. Материал отскакивает от ротора и бил, затем с большой скоростью ударяется об отражательные плиты, в результате происходит его разрушение на мелкие фракции. Для получения более мелкой фракции устанавливаются несколько отражательных плит. На рис. 3 показана конструкция роторной установки.

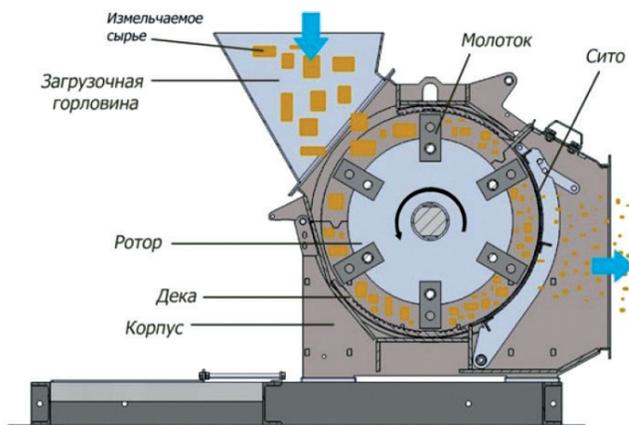


Рис. 3. Конструкция роторной установки

Роторные дробилки доказали свою эффективность в различных областях применения. Их отличает простота конструкции, надежность в эксплуатации, мобильность за счет небольшого веса, высокая ремонтопригодность. Роторные мобильные установки подходят в качестве первичной и вторичной дробилки.

К недостаткам относится плохая регулируемость размера фракций при дроблении материалов и возникающие проблемы при дроблении достаточно твердых материалов. Билы подвергаются большим нагрузкам и изнашиваются, их замена проводится в соответствии с технологическим регламентом. Также достаточно быстро изнашиваются отражательные плиты. Эти работы относятся к текущему ремонту дробилок. Замена ротора – сложная ремонтная операция, которая производится на заводах-изготовителях. Она относится к капитальному ремонту, стоимость которого сопоставима со стоимостью новой роторной дробилки.

В таблице 2 приведены основные характеристики мобильных установок для дробления строительных отходов с роторным механизмом от разных производителей, на рис. 4 показан внешний вид рассматриваемых установок.

**Конусные установки.** Конусные дробилки используются для обработки природного камня средней и высокой твердости, абразивного природного камня. Конусные дробилки обеспечивают оптимальную конечную крупность зерна кубовидной формы на 2-й и 3-й стадии дробления. Куски материала через загрузочное отверстие попадают в рабочую камеру. Там внутренний конус вращается, качается и дробит материал (рис. 5). Меньшие куски конусная дробилка раздавливает, для дробления больших кусков добавляется разрушение изгибом. При дроблении в конусной дробилке получается однородный фракционный состав, образуется меньше отсева и пыли.

Таблица 2.

Основные характеристики мобильных роторных установок

Страна производитель	Китай	Великобритания (Ирландия)	Финляндия
Название/модель	MESDA MC-250IS	Powerscreen Trakpactor 550	Metso LT1213
Год выпуска	2020	2019	2019
Масса, т	39	54-57	42
Мощность, кВт	132	368	257
Производительность т/ч	400	500	310
Загрузочное отверстие, мм	940 x 700	1370 x 911	1320 x 900
Цена, руб.*	15 000 000 (новый)	40 000 000 (б/у)	44 000 000 (б/у)

\* Цены взяты с [4].



MESDA MC-250IS



Powerscreen Trakpactor 550



Metso LT1213

Рис. 4. Рассматриваемые модели роторных мобильных дробилок

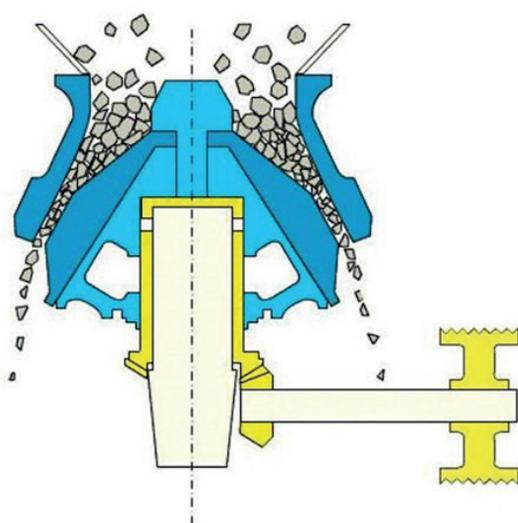


Рис. 5. Конусная дробилка: принцип работы

Конусная дробилка имеет ряд взаимосвязанных и взаимообусловленных преимуществ перед щёковыми установками:

- Работа конусной дробилки без холостого хода.
- Большой удельный вес высококачественного кубовидного продукта – до 85 %.
- На переработку материала расходуется меньше энергии.
- Высокая степень дробления – до 5-6 мм.
- Удобнее разгрузка.

К недостаткам относится сложность регулировки разгрузочной щели, сложная конструкция и обслуживание [2].

В таблице 3 представлены основные характеристики мобильных установок для дробления строительных отходов с конусным механизмом от разных производителей, цены даны для установок уже бывших в использовании, так как данных по ценам на новые установки в свободном доступе нет. На рис. 6 показан внешний вид рассматриваемых установок.

Таблица 3.

Основные характеристики мобильных конусных установок

Страна производитель	Швеция	Великобритания (Ирландия)	Канада	Финляндия
Название/модель	Sandvik QH331	PowerscreenPegson MAXTRAK 1000	McCloskey C44	METSO MINERALS LT300HP
Год выпуска	2015	2010	2011	2008
Масса, т	33,5	30	44,2	45,4
Мощность, кВт	261	250	257	400
Производительность т/ч	220	230	320	200-500
Загрузочное отверстие, мм	185-200	195	250	230
Цена, руб.*	22 960 103 (б/у)	21 729 788 (б/у)	12 900 000 (б/у)	34 000 000 (б/у)

\* Цены взяты с [4].



Sandvik QH331



Powerscreen Pegson MAXTRAK 1000



McCloskey C44



METSO MINERALS LT300HP

Рис. 6. Рассматриваемые модели конусных мобильных дробилок

Так как конусные установки относятся к механизмам второй и третьей стадии дробления, их эксплуатация на площадках по сносу или строительству возможна при совместном использовании с щековыми или роторными установками, а также при наличии материалов, соизмеримых с загрузочным отверстием.

**Центробежно-ударные установки.** Принцип действия центробежно-ударной дробилки основывается на разгоне в поле действия центробежных сил кусков материала в ускорителе и их вылете в камеру измельчения с большой скоростью, существенно превышающей критическую скорость разрушения материала, где происходит удар разогнанных кусков о куски материала в карманах камеры измельчения, образующих футеровку дробилки. При ударе «камень о камень» или «свободном ударе» происходит разрушение кусков

на более мелкие. Получающиеся зерна имеют форму, близкую к форме кристаллов, и практически лишены внутренних трещин, то есть их прочность на сжатие возрастает по отношению к прочности исходных кусков. На рис. 7 показана принципиальная схема центробежно-ударной дробильной установки.

Для дробильных установок центробежного типа отсутствует возможность регулирования крупности дробленого материала, что вызывает необходимость в наличии внешнего оборудования (грохота), также ограничена крупность кусков исходного материала — от 5 мм до 180 мм, что делает невыгодным его использование для рециклинга строительных отходов на месте. Однако возможно ее использование в качестве третичной дробилки после вывоза исходного материала с места стройплощадки.



Рис. 7. Принципиальная схема центробежно-ударной дробильной установки

В связи с малым количеством мобильных моделей на рынке, центробежно-ударные дробильные установки не принимаются к сравнению.

**Валковые дробильные установки.** Принцип работы валковой установки заключается в измельчении материала путем его раздавливания при помощи постоянного и непрерывного нажатия на измельчаемые куски. Валки цилиндрической формы выполняют вращение навстречу друг другу (рис. 8). Поступающий сверху материал, попадает на валки, захватывается ими и под действием силы трения проходит в щель между валками, тем самым постепенно измельчаясь, и затем выбрасывается из дробилки в виде небольших зерен определенного размера. Межвалковое пространство регулируется за счет стягивающих пружин, что позволяет выполнять дробление материалов различной крупности и твердости. Существует прямолинейная зависимость между степенью сжатия пружин и производительностью дробильной системы.

Поверхность рабочих элементов (валков) может быть гладкой, фигурной (рифленной) или же зубчатой.

Преимуществами валковых агрегатов являются: однородность формы фракции на выходе; простейшее механическое устройство; минимальные проблемы при эксплуатации; эффективность использования; удобство при ремонтных работах и техническом обслуживании; удобство регулирования настроек.

Недостатками валкового оборудования для измельчения являются: низкая производительность; невысокая степень дробления материалов; большая степень износа рабочих органов дробилки; возможные перекосы вала на передвижном валке; невозможность дробления материалов при степени твердости более 160 МПа.

Валковые дробильные установки в качестве первичных устройств переработки засоренного строительного лома в настоящее время не используются, поэтому также не принимаем их к сравнению.

В таблице 4 произведем общее сравнение имеющихся в наличии на рынке мобильных дробильных установок, с целью подбора наиболее оптимального варианта для дробления строительных отходов в современных условиях ДНР.

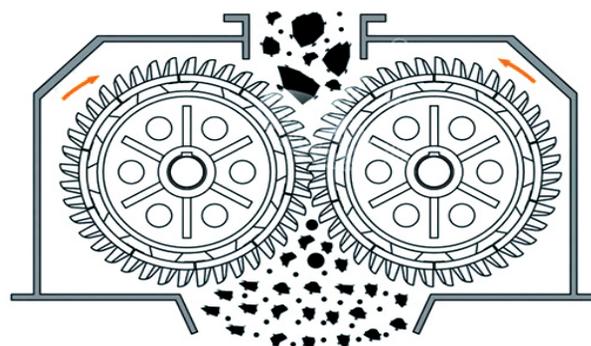


Рис. 8. Принцип действия валковых дробилок

Рассмотрев представленные на рынке типы мобильных дробильных установок, можно сделать следующие выводы:

1. Мобильные дробильные установки щекового типа можно использовать только для первичного дробления строительных отходов. Конусные установки можно использовать только для вторичного и третичного дробления. В то же время роторные установки можно использовать для первичного и вторичного дробления, что делает их более выгодными для использования на стройплощадках.

2. Анализируя данные таблицы 4, наиболее целесообразным для дробления строительных отходов представляется выбор мобильной роторной установки MESDA MC-250IS (производства КНР). Среди прочих моделей, представленных на рынке, данная установка обладает рядом преимуществ. Основные преимущества — это стоимость, относительно малая потребляемая мощность при хороших показателях производительности, достаточно большое загрузочное отверстие и возможность применения данной установки для первичного и вторичного дробления в зависимости от требований к вторсырью.

3. Окончательный выбор между роторными и щековыми установками, а также конкретными моделями и производителями оборудования необходимо осуществлять согласно конкретным техническим задачам и текущим финансовым возможностям.

Сравнение мобильных дробильных установок по основным параметрам

Параметр	Тип дробильной установки										
	Щековые установки				Конусные установки				Роторные установки		
Название	Sandvik UJ310	TEREX FINLAY J-1175	McCLOSKEY J45	Kleemann MC 110 R EVO	Sandvik QH331	Powerscreen Pegson MAXTRAK 1000	McCloskey C44	METSO MINERALS LT300HP	MESDA MC-250IS	Powerscreen Traktor 550	Metso LT1213
Производительность, т/ч	270	475	300	300	220	230	320	200-500	400	500	310
Масса, т	49	51	43,9	38,5	33,5	30	44,2	45,4	39	54	42
Мощность, кВт	134	261	257	248	261	250	257	400	132	368	257
Загрузочное отверстие, мм	1045x840	1070x760	1140x688	1100x700	185-200	195	250	230	940 x 700	1370 x 911	1320 x 900
Цена, млн. руб.	26,9	28	24	13,6	23	21,7	12,9	34	15	40	44
Первичное дробление	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+
Вторичное/ третичное дробление	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+

### Список литературы

1. Малютин, А. Мобильные щековые дробилки/ Малютин Л.—Текст: электронный// Основные средства (выпуск №4 2014 год): электронный журнал.—URL: <https://os1.ru/article/4463-mobilnye-shchekovye-drobilki> — Дата публикации: 22 января 2016.
2. Конусные дробилки: общий принцип работы и множество модификаций [сайт].— URL: <https://mcet.com.ua/ru/konusnye-drobilki-obshnij-printsip-raboty-i-mnozhestvo-modifikatsij/> (дата обращения 22.12.2021).
3. Дробилки роторные [сайт]. — URL: <http://drobix.ru/drobilki-rotornye/> (дата обращения 15.09.2021).
4. Экскаватор.Ру: (сайт). — URL: <https://exkavator.ru/trade/karernaya-tehnika/drobilki/sandvik/> (дата обращения 29.01.2022).
5. Дробилки для переработки дорожного полотна и строительных отходов (05.09.2003) —Текст: электронный// Стройка Санкт-Петербурга — [сайт]. — URL: <http://stroit.ru/stati/drobilki-dlya-pererabotki-dorozhnogo-polotna-i-stroitelnyh-othodov>.
6. Machineryline: (сайт). — URL: <https://machineryline.info/> (дата обращения 10.10.2021).
7. Terex (Finlay): (сайт). — URL: <https://www.terex.com/finlay/en/> (дата обращения 15.10.2021).
8. Sandvik: (сайт). — URL: <https://www.rockprocessing.sandvik/en/> (дата обращения 19.11.2021).
9. Jessica Lombardo Mobile Crushing Saves Time & Money/ Jessica Lombardo.—Текст: электронный // Equipment Today: электронный журнал. — URL: <https://www.forconstructionpros.com/equipment/material-processing-debris-handling/crushing-screening-plants/article/21759411/mobile-crushing-saves-time-money> — Дата публикации : 22ноября 2021.
10. Владимиров, С. Н. Проблемы переработки отходов строительной индустрии // Системные технологии. 2016. № 19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-pererabotki-othodov-stroitelnoy-industrii> (дата обращения: 09.02.2022).