



Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности

Обзор рынка кубовидного щебня и оборудования для его производства в России

Демонстрационная версия

*Москва
Сентябрь, 2011*

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	9
ВВЕДЕНИЕ	11
1. Технология получения кубовидного щебня и используемое в промышленности оборудование	19
1.1. Краткая характеристика стационарного дробильного оборудования для получения кубовидного щебня.....	19
1.2. Краткая характеристика мобильного дробильно-сортировочного оборудования.....	34
1.3. Краткое описание крупнейших поставщиков дробильно-сортировочного оборудования.....	41
1.3.1. <i>Российские производители</i>	41
ОАО "Дробмаш" (г. Выкса Нижегородской обл.)	41
ОАО "Волгоцеммаш" (г. Тольятти Самарской обл.).....	42
ОАО "Объединенные машиностроительные заводы" (Свердловская обл.).....	42
ОАО ПО "Иркутский завод тяжелого машиностроения" (г. Иркутск).....	44
ООО "Обуховская промышленная компания" (Нижний новгород)	44
ЗАО "Урал-Омега" (г. Магнитогорск Челябинской обл.).....	45
ОАО "Механобр-Техника" (г. Санкт-Петербург).....	46
ЗАО "Новые технологии" (г. Санкт-Петербург).....	47
1.3.2. <i>Зарубежные производители</i>	49
Metso Minerals (Финляндия).....	49
Sandvik Rock Processing (Швеция)	50
Astec (США)	50
Alta (Чехия).....	52
2. Характеристика российской сырьевой базы для производства высокопрочного кубовидного щебня	53
2.1. Запасы и месторождения строительных камней для производства щебня.....	53
2.2. Характеристика основных месторождений строительных камней из магматических и метаморфических пород	58
3. Производство кубовидного щебня в России	69
3.1. Статистика производства щебня.....	69
3.2. Региональная структура производства щебня	72
3.3. Крупнейшие предприятия-производители щебня.....	76
3.4. Характеристика основных предприятий выпускающих высокопрочный кубовидный щебень.....	80
3.4.1. <i>ООО "Промышленно-строительная группа ЛСР" (Санкт-Петербург)</i>	80
3.4.2. <i>ОАО "Павловскгранит" (Воронежская обл.)</i>	87
3.4.3. <i>ООО "Карелприродресурс" (Респ. Карелия)</i>	92
3.4.4. <i>ОАО "Ураласбест" (Свердловская обл.)</i>	96
3.4.5. <i>ОАО "ПО "Ленстройматериалы" (Ленинградская обл.)</i>	99

3.4.6. ОАО "Орское карьероуправление" (Оренбургская обл.)	103
3.4.7. ОАО "Национальная нерудная компания" (ОАО "Сангалыкский диоритовой карьер" – Респ. Башкортостан).....	107
3.4.8. ОАО "Первоуральское рудоуправление" (Свердловская обл.)	111
3.4.9. ООО "ПО "Карелнеруд" (Респ. Карелия).....	114
3.4.10. ОАО "Новосибирское карьероуправление" (Новосибирская обл.)	120
3.4.11. Прочие предприятия.....	124
4. Внешнеторговые операции с щебнем в России.....	125
4.1. Импорт	126
4.2. Экспорт	129
5. Ценовой анализ.....	130
5.1. Стоимость доставки щебня.....	130
5.2. Анализ внутренних цен на щебень в 1999-2010 г. и за 7 мес. 2011 г.....	132
5.3. Анализ экспортно-импортных цен на щебень в 2002-2010 гг.	134
6. Потребление высокопрочного кубовидного щебня в РФ	135
6.1. Баланс производства-потребления кубовидного щебня узких фракций для дорожного строительства в 2000-2010 гг.	135
6.2. Региональная структура потребления	137
6.3. Отраслевая структура потребления	142
6.4. Основные показатели и перспективы развития строительства автодорог в России.....	144
7. Перспективы и прогноз развития рынка щебня твердых пород, применяемого в автодорожном строительстве	166
Приложение Адресная книга основных российских производителей высокопрочного кубовидного щебня для дорожного строительства.....	171

Список таблиц

- Таблица 1. Сравнительные физико-механические свойства щебня различной лещадности
- Таблица 2. Типы дробилок для производства кубовидного щебня, выпускаемых в России и на Украине
- Таблица 3. Сравнительная характеристика различных технологий получения кубовидного щебня
- Таблица 4. Техничко-эксплуатационные характеристики мобильных дробильно-сортировочных установок ОАО "Дробмаш"
- Таблица 5. Технические характеристики мобильных дробильно-сортировочных установок Sandvik
- Таблица 6. Технические характеристики мобильных дробильно-сортировочных установок Astec Industries
- Таблица 7. Российские предприятия, эксплуатирующие дробилки Титан производства ЗАО "Новые Технологии"
- Таблица 8. Региональная структура запасов строительного камня в РФ млн м³, %
- Таблица 9. Региональная структура размещения месторождений строительного камня в РФ по морфологическим типам
- Таблица 10. Размещение запасов строительного камня различных морфологических типов по федеральным округам РФ, млн м³
- Таблица 11. Характеристика основных разрабатываемых месторождений строительного камня для производства высокопрочного щебня
- Таблица 12. Производство щебня и гравия в России в 1999-2010 гг., тыс. м³
- Таблица 13. Динамика региональной структуры производства щебня и гравия в России в 2005-2010 гг., тыс. м³, %
- Таблица 14. Динамика производства щебня в С-ЗФО, УФО, СФО и ДФО в РФ в 2007-2010 гг., тыс. м³, %
- Таблица 15. Динамика выпуска ведущими российскими производителями в 2007-2010 гг., тыс. м³
- Таблица 16. Прайс-лист на щебень производства ОАО "Гранит-Кузнечное", руб./м³ с НДС (действителен с 01.08.2011 г.)
- Таблица 17. Некоторые финансовые показатели ОАО "Павловскгранит" в 2006-2010 гг. и 1 кв. 2011 г.
- Таблица 18. Прайс-лист на щебень производства ОАО "Сангалыкский диоритовый карьер", руб./т, м³ с НДС (действителен с 01.07.2011 г.)
- Таблица 19. Прайс-лист на щебень производства ОАО "Первоуральское рудоуправление", руб./т, без НДС (действителен с 01.06.2011 г.)
- Таблица 20. Прайс-лист на щебень производства ООО "ПО "Карелнеруд", руб./т с НДС (действителен с 01.06.2011 г.)
- Таблица 21. Региональная структура импорта щебня в 2002-2010 гг.
- Таблица 22. Объемы и направления поставок щебня основным российским импортерам в 2006-2010 гг., тыс. м³

- Таблица 23. Индексы тарифов на грузовые перевозки различными видами транспорта в России в 2000-2010 гг., % к пред. году
- Таблица 24. Баланс производства-потребления кубовидного щебня узких фракций в России в 2002-2010 гг., млн м³
- Таблица 25. Протяженность автодорог в РФ в 2000 г. и 2005-2009 гг. (на конец года, тыс. км)
- Таблица 26. Распределение протяженности дорог в РФ в зависимости от типа и категории покрытия в 1999-2010 гг., км (по состоянию на 1 января соответствующего года)
- Таблица 27. Распределение автомобильных дорог общего пользования федерального и регионального (межмуниципального) значения по категориям и количеству полос движения (на 01.01.2010 г.)
- Таблица 28. Параметры дорожной полосы в зависимости от категории дорог и нормативные межремонтные сроки
- Таблица 29. Нормативы расхода щебня для строительства и ремонта дорожного полотна
- Таблица 30. Густота автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием по регионам РФ в 1995-2009 гг. (на конец года; км дорог на 1000 км² территории)
- Таблица 31. Протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием по федеральным округам РФ в 1995 г. и 2000-2009 гг. (на конец года; км)
- Таблица 32. Удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования (на конец года; в процентах)
- Таблица 33. Удельный вес автомобильных дорог с усовершенствованным покрытием в протяженности автомобильных дорог с твердым покрытием общего пользования (на конец года; в процентах)
- Таблица 34. Потребность в щебне узких фракций кубовидной формы (млн м³) для развития сети автомобильных дорог по регионам России в 2001-2020 гг.
- Таблица 35. Планируемые объемы строительства, реконструкции и ремонта автомобильных дорог в России в 2005-2025 гг.
- Таблица 36. Важнейшие инвестиционные проекты подпрограммы "Автомобильные дороги"

Список рисунков

- Рисунок 1. Схема дробильно-сортировочного завода
- Рисунок 2. Технологическая схема установки по производству кубовидного щебня с использованием дробилки КИД
- Рисунок 3. Распределение запасов строительного камня по федеральным округам в зависимости от морфологического типа, млн м³
- Рисунок 4. Распределение запасов строительных камней из магматических пород (за исключением гранитоидов) по федеральным округам РФ, %
- Рисунок 5. Распределение запасов гранита и гранитоидов по федеральным округам РФ, %
- Рисунок 6. Распределение запасов строительных камней в ЦФО в зависимости от морфологического типа, тыс. м³
- Рисунок 7. Региональная структура размещения запасов строительных камней различных морфологических типов в СЗФО, тыс. м³
- Рисунок 8. Региональная структура размещения запасов строительных камней различных морфологических типов в ПФО, тыс. м³
- Рисунок 9. Региональная структура размещения запасов строительных камней различных морфологических типов в УФО, тыс. м³
- Рисунок 10. Региональная структура размещения запасов строительных камней различных морфологических типов в СФО, тыс. м³
- Рисунок 11. Региональная структура размещения запасов строительных камней различных морфологических типов в ДВФО, тыс. м³
- Рисунок 12. Динамика производства щебня (в том числе фракции до 20 мм) в России в 1997-2010 гг., млн м³
- Рисунок 13. Динамика производства кубовидного щебня узких фракций в России в 2000-2010 гг., млн м³
- Рисунок 14. Региональная структура производства щебня и гравия в РФ в 2010 г., %
- Рисунок 15. Региональная структура производства кубовидного щебня узких фракций в РФ в 2010 г., %
- Рисунок 16. Доли крупнейших производителей высокопрочного кубовидного щебня в РФ в 2010 г., %
- Рисунок 17. Динамика производства щебня ОАО "Гранит-Кузнечное" в 2000-2010 гг., тыс. м³
- Рисунок 18. Динамика производства щебня ОАО "Павловскгранит" в 2000-2010 гг., тыс. м³
- Рисунок 19. Динамика производства щебня ООО "ПО "Карелнеруд" в 2004-2010 гг., тыс. м³
- Рисунок 20. Динамика производства щебня ОАО "Ураласбест" в 2000-2010 гг., тыс. м³
- Рисунок 21. Динамика производства щебня ОАО "ПО "Ленстройматериалы" в 2000-2010 гг., тыс. м³

- Рисунок 22. Динамика производства щебня ОАО "Орское карьероуправление" в 2000-2010 гг., тыс. м³
- Рисунок 23. Динамика производства щебня ОАО "Сангалыкский диоритовый карьер" в 2005-2010 гг., тыс. м³
- Рисунок 24. Динамика производства щебня ОАО "Первоуральское рудоуправление" в 2000-2010 гг., тыс. м³
- Рисунок 25. Динамика производства щебня ООО "ПО "Карелнеруд" в 2000-2010 гг., тыс. м³
- Рисунок 26. Динамика производства щебня ОАО "Новосибирское карьероуправление" в 2000-2010 гг., тыс. м³
- Рисунок 27. Динамика внешнеторговых операций России с щебнем в 2002-2010 гг., млн м³
- Рисунок 28. Динамика изменения импорта щебня в натуральном и денежном выражении в 2002-2010 гг.
- Рисунок 29. Динамика российского экспорта щебня и гравия в натуральном и денежном выражении в 2002-2010 гг.
- Рисунок 30. Динамика стоимости транспортировки щебня железнодорожным транспортом в зависимости от расстояния, руб/т
- Рисунок 31. Динамика средних цен производителей щебня и гравия в России в 1999-2011 гг., руб/м³
- Рисунок 32. Динамика средних экспортных и импортных цен на щебень в 2002-2010 гг., \$/м³
- Рисунок 33. Динамика производства, импорта и видимого потребления кубовидного щебня узких фракций в РФ в 2002-2010 гг., млн м³
- Рисунок 34. Региональная структура потребления щебня в РФ в 2010 г., %
- Рисунок 35. Отраслевая структура потребления щебня в России, %
- Рисунок 36. Классификация автомобильных дорог в РФ
- Рисунок 37. Динамика общей протяженности автомобильных дорог в РФ в 1990-2009 гг., тыс. км
- Рисунок 38. Структура автомобильных дорог общего пользования в РФ по типам покрытия
- Рисунок 39. Структура автомобильных дорог общего пользования в РФ по категориям
- Рисунок 40. Прогноз производства и потребления кубовидного щебня узких фракций для строительства автодорог в РФ на период до 2020 г.

Аннотация

Настоящий отчет посвящен исследованию текущего состояния рынка кубовидного щебня узких фракций для строительства автодорог в России, сырьевой базы и оборудования для его производства. Отчет состоит из 7 частей, содержит 172 страницы, в том числе 40 рисунков, 36 таблиц и приложение.

Данная работа является преимущественно кабинетным исследованием. В качестве источников информации использовались данные Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ, Росстата, Федеральной таможенной службы РФ, официальной статистики внутренних железнодорожных перевозок, программных документов и проектов государственных органов управления, материалы отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, интернет-сайтов предприятий-производителей, информационных баз данных ООО "Исследовательская группа "Инфомайн", а также результатов интервью с представителями предприятий-производителей.

В связи с тем, что в России грузоперевозки автотранспортом не подлежат обязательному статистическому учету, в настоящем отчете приводятся только данные о перевозках, осуществляемых железнодорожным транспортом.

В первой части отчета рассмотрены особенности технологии получения кубовидного щебня, а также представлено оборудование, используемое российскими щебеночными заводами для его производства. Также в данной главе описаны крупнейшие российские и зарубежные производители такого оборудования, предоставлены их контактные данные.

Во второй главе приводится характеристика ресурсного обеспечения выпуска высокопрочного кубовидного щебня из магматических и метаморфических горных пород. Здесь представлены сведения о запасах сырья для производства щебня в России по состоянию на 2007-2009 гг., оценена качественная и региональная структура запасов месторождений строительного камня.

Третья глава отчета посвящена производству рассматриваемой продукции в России: приведены данные об объемах производства щебня (в том числе кубовидного) в России в 2000-2010 гг., оценена региональная и товарная структура производства. Также в третьей главе представлено описание крупнейших предприятий-производителей кубовидного щебня узких фракций. Дана характеристика ресурсной базы предприятий, установленного технологического оборудования, приведены мощности, объемы производства щебня за последние 9-10 лет, качественные характеристики выпускаемой продукции, направления поставок продукции, перспективы развития предприятия.

Четвертая глава посвящена анализу внешнеторговых операций со щебнем. Приведены данные об объемах поставок в натуральном и денежном

выражении в 2002-2010 гг., данные об объемах и направлениях поставок крупнейших импортеров щебня (в том числе кубовидного). Оценена региональная структура поставок.

В пятой главе проведен ценовой анализ. В частности проанализирована стоимость доставки щебня различными видами транспорта, оценено влияние расстояния транспортировки щебня железнодорожным транспортом на стоимость его доставки потребителю. Представлены данные о ценах производства и приобретения щебня в 2001-2010 гг. и за 7 мес. 2011 г. в целом по РФ и средние цены приобретения щебня по Федеральным округам, а также данные о текущих ценах на щебень некоторых российских производителей. Проанализированы цены внешнеторговых операций со щебнем.

В шестой главе отчета рассмотрено потребление кубовидного щебня узких фракций для строительства автодорог в России. Приведен баланс производства-потребления, оценена расчетная потребность в щебне с учетом состояния основных потребляющих отраслей в целом по РФ и по федеральным округам, оценены отраслевая и региональная структуры потребления.

Седьмая, заключительная, часть отчета посвящена прогнозу развития рынка кубовидного щебня в России на период до 2020 г. Проведен анализ факторов, обуславливающих спрос на данный вид щебня, представлен прогноз объемов производства и потребления.

В приложении приведены адреса и контактная информация ведущих российских производителей кубовидного щебня.

ВВЕДЕНИЕ

Щебень (в соответствии с ГОСТ 8267-93 "Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ") – неорганический зернистый сыпучий материал с зёрнами крупностью от 0-5 до 120 мм, получаемый дроблением горных пород, гравия и валунов, попутно добываемых вскрышных и вмещающих пород или некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд (черных, цветных и редких металлов металлургической промышленности) и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности и последующим рассевом продуктов дробления.

Средняя плотность щебня – 1,4-3 г/см³. По размеру зерен щебень разделяют на **фракции** – основные и сопутствующие. К основным фракциям относятся: 5-10 мм, 5-20 мм, 10-20 мм, 20-40 мм, 20-65 мм, 25-60 мм, 40-70 мм. К сопутствующим фракциям относятся: 0-2 мм, 0-5 мм, 0-15 мм, 0-20 мм, 0-40 мм, 0-60 мм, 2-5 мм. В отдельных случаях находят применение фракции 70-120 мм и 120-150 мм. Размер зерен в каждой фракции щебня, в зависимости от его применения, должен соответствовать техническим требованиям ГОСТ.

Одной из самых важных характеристик качества щебня является **лещадность** – параметр, определяющий степень плоскостности щебня (от слова "лещ", т. е. плоский как лещ). В щебне нормируют содержание зерен пластинчатой и игловатой форм. К зёрнам пластинчатой и игловатой форм относят такие зёрна, толщина или ширина которых менее длины в три раза и более. По форме зёрен щебень подразделяют на четыре группы:

Группа	Наименование	Содержание зерен пластинчатой и игловатой форм
I	кубовидная	до 15%
II	улучшенная	от 15% до 25%
III	обычная	от 25% до 35%
IV	обычная	от 35% до 50%

В общем случае **кубовидный щебень** определяется как щебень в форме призмы или многогранника, толщина и ширина которого меньше длины не более чем в 2 раза.

Наличие в щебне зёрен пластинчатой и игловатой форм приводит к увеличению межзерновой пустотности в смеси, а следовательно, к увеличению расхода связующего компонента, что влечет за собой дополнительные материальные затраты. Использование щебня кубовидной формы даёт наиболее плотную утрамбовку. Кроме того, кубовидные зёрна обладают большей прочностью, чем зёрна пластинчатой и игловатой форм. Следовательно, использование кубовидного щебня в производстве экономически целесообразнее.

В целом преимуществами кубовидного щебня перед другими его разновидностями являются:

- повышенная прочность и низкая "трещиноватость";
- повышение долговечности бетонных конструкций и асфальто-бетонных покрытий в в 2-3 раза;
- снижение расхода связующих (битум, цемент) и щебня на 30%;
- обеспечение долговечности и увеличение морозостойкости дорожных покрытий за счет приближения коэффициента уплотняемости асфальтно-бетонной смеси к единице;
- снижение время и трудозатрат по укладке асфальтно-бетонного покрытия до 70% (для укладки покрытия требуется всего два прохода катка вместо десяти при использовании обычного щебня).

Фракционный состав и форма зерен щебня во многом определяются технологией его производства.

Помимо лещадности важными характеристиками щебня являются морозостойкость, прочность, радиоактивность.

Морозостойкость щебня характеризуют числом циклов замораживания и оттаивания. По морозостойкости щебень подразделяют на марки: F15, F25, F50, F100, F150, F200, F300, F400. В строительстве в основном применяют щебень с маркой морозостойкости не менее F300 (300 циклов замораживания и оттаивания).

Прочность щебня характеризуют пределом прочности исходной горной породы при сжатии, дробимостью щебня при сжатии (раздавливании) в цилиндре, и износом в полочном барабане. Эти показатели имитируют сопротивление каменного материала при воздействии проходящих по дороге транспортных средств и механические воздействия в процессе строительства дорожных конструкций (укладка и уплотнение катками). В зависимости от марки щебень делят на группы: высокопрочный M1200-1400, прочный M800-1200, средней прочности M600-800, слабой прочности M300-600, очень слабой прочности M200.

Радиоактивность щебня определяется в лаборатории. Если материал относится к I-му классу по радиоактивности (менее 370 Бк/кг), то он пригоден для всех без исключения видов строительных работ. Для строительства дорог подходит щебень II класса по радиоактивности (более 370 Бк/кг).

Сравнительные физико-механические характеристики щебня различной лещадности приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные физико-механические свойства щебня различной лещадности

Свойства	Щебень лещадный	Щебень кубовидный
Содержание зерен лещадной и игловидной формы, %	89	0
Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии (в цилиндре), МПа	40-60	120
Дробимость при сжатии в цилиндре, %	15-22	2-5
Показатель сопротивления щебня удару на копре ПМ	41-152	120-370
Износ в полочном барабане, %	18-29	15-20
Морозостойкость, марка	25	300

Источник: обзор специальной литературы

Свойства и физико-механические характеристики щебня зависят также от происхождения горных пород, используемых для его производства. По этому признаку щебень делится на три основные группы:

- щебень из изверженных (первичных) горных пород;
- щебень из осадочных (вторичных) горных пород;
- щебень из метаморфических (видоизмененных) горных пород.

К разновидностям щебня в зависимости от используемого сырья относятся:

- *гранитный щебень* – материал из твердой горной породы зернистого строения, которая является самой распространенной на Земле. Гранитная скала представляет собой магму, выброшенную на поверхность земли и затвердевшую, состоящую из хорошо сформированных кристаллов полевого шпата, кварца, слюды и т.д. Щебень имеет красный, розовый или серый цвет (в зависимости от преобладания в нём шпата и слюды).

По техническим характеристикам гранитный щебень является прочным (марка 800-1200) и высокопрочным (марка 1400-1600), морозостойким (марка 300-400), с низкой лещадностью (5-23%) и 1 классом радионуклидности (<370 Бк/кг). Фракции гранитного щебня:

0-5 мм или гранитный отсев – самая мелкая фракция, применяется как декоративный материал для отделки, а также для отсыпания дорожек и дорог, детских и спортивных площадок;

5-20 мм – мелкая фракция: смесь фракций 5-10 и 10-20 используется в производстве бетона и конструкций из него, в фундаментных работах, при заливке мостовых конструкций, мостового полотна, оснований дорожных и аэродромных покрытий;

20-40 мм – средняя фракция, применяется в производстве бетона, железобетонных конструкций, в строительстве авто- и железных дорог, трамвайных линий, при закладке фундамента и возведении производственных зданий);

20-70 мм, 40-70 мм – крупная фракция, используется в производстве бетона, массивных конструкций из него, а также в дорожном строительстве в пределах населённых пунктов, при возведении производственных зданий и сооружений);

70-120 мм, 120-150 мм, 150-300 мм или БУТ (применяется в декоративных целях, обычно для отделки заборов, водоемов, бассейнов).

- *гравийный щебень* получают путем просеивания карьерной породы, а также путем дробления природной каменной скалы. По прочности гравийный щебень уступает гранитному, но есть и преимущества – радиоактивный фон его обычно очень низкий и цена ниже. Существует два вида гравийного щебня: колотый щебень (обычный природный или дробленный) и гравий (округлые камушки, как правило речного или морского происхождения). Фракции гравийного щебня: 3-10 мм, 5-20 мм, 5-40 мм, 20-40 мм. Применяется для фундаментных работ, для бетонов, в производстве ЖБИ, при строительстве дорог.

- *известняковый (доломитовый) щебень* – продукт дробления осадочной горной породы – известняка, состоящего, главным образом, из кальцита (карбонат кальция – CaCO_3). Это один из основных видов щебня, который помимо гравийного и гранитного щебня применяется в дорожном строительстве, а также при изготовлении железобетонных изделий.

Известняковый щебень менее прочен по сравнению с гранитным щебнем, но обладает таким важным свойством, как высокая устойчивость к перепадам температур. Известняк выдерживает десятки циклов при замораживании и оттаивании, при этом не утрачивает своих прочностных характеристик. Его используют как "подушки" под дорожное основание, такое как асфальт, плотный грунт или бетон. При этом к известковому щебню предъявляют следующие требования:

- содержание зерен щебня пластинчатой (лещадной) и игловатой формы не должно превышать 10-12% по массе;
- содержание пылевидных и глинистых частиц не должно превышать 1,5-2% по массе;
- должен соответствовать марке по прочности М600 (800);
- марка по морозостойкости F150;
- насыпная плотность – 1300 кг/м³;
- влажность не должна превышать 3-4%;
- пористость – не более 5,4-7,3%;
- пустотность – не более 48,1-50,8%;
- водопоглощение – не больше 2,5%.

Доломитовый щебень по прочности и многим другим физическим характеристикам близок к гранитному. Его зерна имеют форму, близкую к кубовидной, высокая прочность и морозостойкость делает его основным материалом для строительства городских дорог.

- *диабазовый щебень* получают путём дробления диабазовых пород, в свою очередь диабазовые породы щебня имеют вулканическое происхождение, так называемые вспученные породы. Поэтому одним из главных качественных показателей щебня является марка по дробимости, его прочность, у щебня диабазовых пород этот показатель высокий, согласно ГОСТ щебню присвоена марка М1400 с морозостойкостью F300.

Диабазовый щебень активно используют при строительстве дорог с высокой транспортной нагрузкой и для производства высокопрочных железобетонных конструкций и прочих ЖБИ.

- *вторичный* щебень получают при дроблении строительного мусора – бетона, кирпича, асфальта. Главное достоинство данного вида щебня – дешевизна (в среднем он в два раза дешевле гранитного. Энергозатраты на его производство по сравнению с другими видами щебня могут быть меньше до 8 раз, себестоимость бетона с его использованием в качестве крупного заполнителя сокращается на четверть). По прочности, морозостойкости и некоторым другим характеристикам вторичный щебень уступает щебню из натуральных материалов, однако имеет широкое применение: в качестве крупного заполнителя для бетона прочностью 5-20 МПа; в дорожном хозяйстве (отсыпка дорог, съездов, использование в качестве нижнего слоя дорог, не имеющих статуса федеральных); в работах по благоустройству (посыпка под асфальтированные площадки, тротуары); для укрепления слабых грунтов (траншеи инженерных сетей, днища котлованов).

- *шлаковый* щебень получают дроблением отвальных металлургических шлаков или специальной обработкой огненно-жидких шлаковых расплавов (литой шлаковый щебень). В настоящее время разработаны и применяются в строительстве разнообразные виды бетонов с применением как вяжущих, так и заполнителей на основе металлургических шлаков. Стоимость изделий из шлаковых бетонов на 20-30% меньше, чем традиционных.

Исходя из вышесказанного, потребителями щебня являются:

- заводы железобетонных изделий и конструкций, домостроительные комбинаты, производители товарного бетона;
- организации, занятые в строительстве и обслуживании автодорог;
- организации по ремонту железнодорожного пути;
- подрядные строительные организации, выполняющие работы на отдельных строительных объектах.

Отметим, что в последние годы в России значительно возрос спрос на кубовидный щебень мелких фракций, применяемый для дорожного строительства. Прежде всего, это кубовидный щебень, получаемый из магматических пород: габбро, диабазы, базальты, диориты. Граниты обладают более слабой адгезией к битуму, что затрудняет приготовление асфальтобетонных смесей. Для устройства наружного слоя "дорожной одежды", непосредственно контактирующего с колесами автотранспорта, желателен применять щебень фракции 5-20 с кубовидностью не менее 90%.

В настоящее время в России, как и во всем мире, наблюдается тенденция увеличения объемов дорожного строительства с одновременным улучшением качества и сроков службы дорог. В связи с этим ужесточились требования к качеству инертных материалов, применяемых при строительстве автомобильных дорог. Постановлением Руководителя

Федерального Агентства "Росавтодор" от 07.03.2005 г. содержание зерен пластинчатой и игловатой формы (далее лещадных зерен) в щебне, применяемом при строительстве автомобильных дорог Федерального значения, не должно превышать 10%, а марка по прочности должна быть не менее 1000. Особые требования к щебню для асфальтобетонных смесей при устройстве верхнего слоя дорожного покрытия определяют высокие нагрузки именно на этот слой.

К щебню фракции 5-20 мм, выпускаемому отечественными предприятиями и используемому в приготовлении асфальтобетонных смесей для верхних слоев покрытий, имеются серьезные претензии со стороны дорожно-строительных организаций, поскольку он обычно сильно закруглен. Это не позволяет подобрать оптимальный зерновой состав минеральной части асфальтобетонных смесей, что существенно ухудшает физико-механические характеристики асфальтобетона. Кроме того, поставляемый щебень фракции 5-20 мм в большинстве случаев содержит чрезмерное количество зерен лещадной формы – 25-40% и более.

Исследования СоюздорНИИ, а также отечественный и зарубежный опыт строительства и эксплуатации автомобильных дорог позволили установить, что щебень для приготовления асфальтобетонных смесей для верхних слоев покрытий должен выпускаться в виде *узких фракций* (5-10, 10-15, 15-20 мм), из которых сравнительно просто подобрать требуемые смеси оптимального зернового состава с учетом того, что действующая нормативно-техническая документация ограничивает содержание в смесях зерен лещадной формы: 15% – для асфальтобетонных смесей типа А, 25% – типа Б, 35% – типа В. Для поверхностных слоев, как уже отмечалось, содержание зерен лещадной формы в щебне не должно превышать 10%.

Негативное воздействие на свойства асфальтобетона оказывает и загрязненность щебня пылевато-глинистыми включениями, снижающими площадь контакта зерен с вяжущим материалом. Объем этих включений не должен превышать 1%, для поверхностной обработки – 0,5%. Любые нарушения требований к качеству щебня при устройстве дорожного покрытия в итоге приводят к его повышенному износу, появлению колеи в результате сдвигов и т. д.

При укладке нижних слоёв дорожного покрытия обычно используется также гранитный, реже доломитовый щебень фракции 20-40. Для устройства оснований автомобильных дорог используют относительно недорогой известняковый щебень широкого диапазона фракций (5-20, 20-40, 40-70 и т.д.).

Именно качество применяемого при строительстве щебня определяет эксплуатационные характеристики автомобильной дороги: ровность дорожного полотна, коэффициент сцепления автомобильных шин с покрытием дороги, долговечность автострады и т.д.

Срок службы дорог, построенных на кубовидном щебне в 2-2,5 раза больше, чем на щебне игловатой и пластинчатой формы.

Основные функции щебня, как крупного заполнителя бетонов – это формирование жёсткого скелета бетонной смеси, увеличение прочности и уменьшение модуля деформации бетона, уменьшение его ползучести и усадки, увеличение срока службы бетона, а также снижение расхода цемента при его производстве. Мелкий заполнитель – песок – оказывает влияние на реологические свойства бетонной смеси – вязкость, предельное напряжение сдвига бетона, а также на его плотность.

Форма зерен крупного заполнителя непосредственно влияет на удобоукладываемость бетонной смеси. Кроме этого, щебень с зернами плоской (лещадной) или игловатой формы имеет значительно большую пустотность, чем щебень с зернами кубовидной формы. По данным ВНИИЖелезобетона, объемный насыпной вес щебня с содержанием зерен плоской и игловатой формы до 15% ниже, чем щебня с зернами кубовидной формы. Отсутствие пустот в общем объеме бетонной смеси ведёт к значительному снижению цемента при её производстве. Именно поэтому при изготовлении бетонов не принято применять щебень с зёрнами плоской и игловатой формы (хотя, по большому счёту, на прочность бетонной смеси форма зёрен не влияет).

Производители высококачественного бетона, железобетонных изделий стремятся использовать кубовидный из гранитных пород (как самый прочный), а также габбро-диабазовый и базальтовый щебень мелких и средних фракций (5-10, 5-20, 10-40 и т.д.). Прочность бетона при использовании кубовидного щебня возрастает на 5-10% при одновременном уменьшении расхода цемента на 7-12% и снижении на 3-5% водопотребности бетонной смеси.

Однако использовать кубовидный гранитный щебень в бетонах сравнительно дорогая технология и, с целью экономии, при изготовлении бетонных конструкций, не подвергающихся в процессе эксплуатации большим нагрузкам, применяют бетоны, произведённые с применением доломитового или даже известнякового щебня мелких фракций.

Для устройства балластного слоя на железнодорожных путях также целесообразно применять кубовидный щебень. Основным назначением балластного слоя является обеспечение вертикальной и горизонтальной устойчивости рельсошпальной решетки при динамических нагрузках.

Характер упрочнения балласта в процессе укладки и эксплуатации путей существенно зависит от начальной пустотности щебеночного каркаса, то есть от состава и формы зерен щебня. Предельная пустотность щебеночного балласта составляет 0,33-0,34, а начальная достигает 0,45-0,5, что вызвано в значительной степени наличием лещадных зерен. Лещадные и игловатые зерна ломаются под нагрузкой и повышают неравномерность осадки балласта при эксплуатации.

Отечественные стандарты на щебень для балласта требуют получения двух фракций – 25-60 мм и 5-25 мм, причем содержание зерен крупнее верхнего предела и менее нижнего предела не должно превышать 5%.

Повышение скорости движения поездов в последние годы вызвало изменение требований к балласту, особенно по его горизонтальной устойчивости. В результате в отечественные стандарты было внесено требование по обеспечению кубовидности щебня – ограничение содержания лещадных зерен 18%. Европейские стандарты также требуют ограничения лещадности щебня, используемого для железных дорог, на уровне 15-20%.

Отметим, что в настоящее время в РФ не существует технических условий на кубовидный щебень, которые определяли бы требования к его свойствам и отличия его от традиционного щебня из плотных горных пород в соответствии с ГОСТ 8267-93. Единственный документ разработан и действует в Белоруссии – СТБ 1311-2002 "Щебень кубовидный из плотных горных пород", однако он не применяется в России и малоизвестен потребителям.

Из-за отсутствия российских нормативных документов невозможно стандартизировать производство кубовидного щебня и проверить его качество. Документ должен содержать:

- определение кубовидного щебня;
- характеристики, позволяющие классифицировать степень кубовидности, а также методы испытания;
- требования к маркам кубовидного щебня по прочности и истираемости.

1. Технология получения кубовидного щебня и используемое в промышленности оборудование

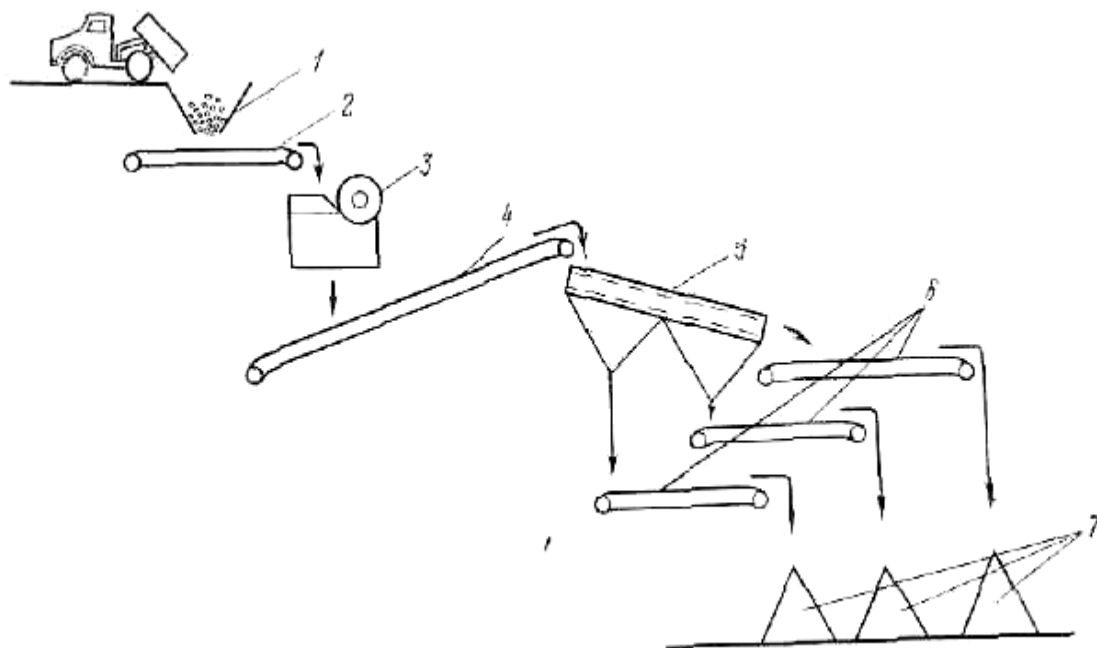
1.1. Краткая характеристика стационарного дробильного оборудования для получения кубовидного щебня

Щебень относится к нерудным строительным материалам минерального происхождения, применяемым в строительстве в естественном виде, без выделения из них отдельных минералов.

Нерудные строительные материалы получают в результате механической переработки изверженных, осадочных и метаморфических пород, добываемых, как правило, в карьерах. Основные процессы переработки включают добычу минерального сырья, его механическую обработку или обогащение.

В общем случае щебень получают на щебеночных дробильно-сортировочных заводах (рисунок 1), располагающихся в притрассовых или базисных каменных карьерах, оснащенных соответствующими машинами и оборудованием.

Рисунок 1. Схема дробильно-сортировочного завода



Источник: обзор специальной литературы

Горная порода в виде камней размером от 5 до 150 см из забоя поступает в приемный бункер 1, откуда питателем 2 подается в камнедробилку 3. Камнедробилки являются основными агрегатами завода. Они могут быть щековыми, конусными и ударными. Разные типы и размеры камнедробилок позволяют измельчать каменные материалы различных прочностей и размеров, а также получать разную степень измельчения.

После дробления щебень ленточным транспортером 4 направляется для отсева на виброгрохот 5. После отсева фракции щебня ленточными транспортерами 6 направляются на склады готовой продукции 7.

В последние годы вместо металлических сит для грохотов появились сита "Эластик" из резины. Их преимущества: повышенная износостойкость, эффективность самоочистки вследствие высокой пластичности резины, снижение запыленности воздуха и уменьшения шума на производстве.

Щебеночные заводы выпускают фракционированный щебень: 5-10 мм, 10-20 мм, от 20-40 мм, от 40-70 мм. В зависимости от требований производства завод может выпускать щебень в виде смеси двух и более смежных фракций. Например, для дорожного цементобетона требуется щебень рассортировать только на две фракции.

Отметим, что для производства щебня узких фракций кубовидной формы в качестве исходного материала более всего применим щебень фракций 20-70, 40-70 или 20-40 мм из изверженных (магматических) горных пород (гранит, габбро, габбро-диабаз и др.). Предпочтение следует отдавать щебню фракции 20-40 мм, который в процессе переработки дает меньшее количество отсеков дробления (фракции 0-5 мм).

Проблема производства наиболее востребованного в настоящее время кубовидного щебня узких фракций на территории России заключается в том, что большое количество дробильных заводов в стране оснащено устаревшим оборудованием, на котором такой щебень выпускать невозможно, а переоборудование таких заводов связано с большими трудностями.

Тем не менее в настоящее время перед многими строительными и дорожными организациями, а также заводами по производству щебня стоит задача реконструкции производства с целью налаживания производства кубовидного щебня.

Производство щебня узких фракций кубовидной формы в промышленных объемах было организовано в России в середине 90-х годов прошлого века. Для этого вначале в основном использовалось дробильно-сортировочное оборудование зарубежных фирм Svedala (Швеция), Nordberg (Финляндия), Parker (Великобритания), так как в России на этот период дробильного оборудования для производства щебня кубовидной формы вообще не выпускалось.

К чести отечественных машиностроителей следует отметить, что за прошедший период, несмотря на сложное экономическое положение, они освоили выпуск дробильно-сортировочного оборудования для выпуска щебня кубовидной формы, стоимость которого в 1,5-2 раза ниже аналогичного по производительности и назначению оборудования зарубежных фирм.

В настоящее время основной объем кубовидного щебня выпускается на стационарных дробильно-сортировочных заводах, расположенных вблизи месторождений строительных камней. При этом первичное дробление горной массы производится щековыми дробилками типов СМД-111, СМД-118 или СМД-117.

СМД-111 (ЩДП-912) – щековая дробилка с простым качанием щеки, размеры приемного отверстия 900-1200 мм, исходя из этого наибольший размер куска исходного материала – 750 мм. Такие дробилки, в том числе СМД-117 и СМД-118, производит ОАО "Волгоцеммаш", они готовы к производству в ООО "Объединенные машиностроительные заводы" (ОМЗ). Это надежные машины со сроком службы 30 лет и более. Их устанавливают совместно с питателем типа 1с-15-90 (ширина полотна – 1500 мм).

СМД-118 (ЩДП-1215) также распространенная дробилка с размером приемного отверстия (ширина и длина) 1200-1500 мм; наибольший размер куска исходного материала – до 1000 мм. Дробилка устанавливается совместно с питателем типа 1с-18-120 (ширина полотна – 1800 мм).

СМД-117 (ЩДП-1521) – более мощная дробилка с соответствующим по крупности выходом куска дробимого материала, который может быть переработан конусными дробилками типа КСД-3000 или КСД-2200Гр2, поэтому используется только на особо крупных заводах.

Дробилки с простым качанием щеки (ЩДП) менее эффективны по сравнению с дробилками со сложным качанием щеки (ЩДС), но у них больше срок службы футеровок. Дробилки со сложным качанием щеки базовых и модифицированных моделей СМД и ДРО выпускает ОАО "Дробмаш", ЩДС – НПК "Механобр-Техника".

Традиционно на заводах горная масса из карьера сразу подается в отделение первичного дробления. Такая схема самая простая, и это единственное ее преимущество. Более целесообразной является схема, при которой перед щековой дробилкой происходит отбойка мелочи, отбор мелкой и средней фракций. Крупная фракция, которая не может быть переработана на вторичном дроблении, проходит стадию переработки в щековой дробилке. Поток горной массы, проходящий стадию первичного дробления, заметно снижается, что позволяет использовать щековые дробилки более эффективно.

Подобные схемы практикуют иностранные производители дробильно-сортировочных комплексов, например, Metso-Minerals и Sandvik. Отбор малых и средних фракций перед первичным дроблением может производиться на вибропитателях. После отбойки карьерной мелочи данный продукт подается на стадию вторичного дробления совместно с дробленным материалом из щековой дробилки.

Оборудование отделений первичного дробления с ЩДП подобными устройствами предварительного отбора мелочи уже вполне соответствует современным технологическим требованиям производства качественного щебня.

Наиболее универсальными из существующих дробильных агрегатов, способных разрушать материалы с прочностью до 20 по шкале М.М. Протодяконова, являются конусные эксцентриковые дробилки, созданные для процесса мелкого дробления в 20-е годы прошлого века и до сих пор не претерпевшие принципиальных конструктивных изменений. В конусной

дробилке использованы и раздавливание и истирание между неподвижной и движущейся поверхностями.

Эксцентрикковые конусные дробилки по сравнению с любыми другими дробильно-измельчительными аппаратами занимают меньшие площади, проще в эксплуатации, имеют пониженный расход электроэнергии и высокий коэффициент движения (до 90%). Именно по этим причинам такие машины нашли наибольшее распространение в промышленности.

Конусные дробилки первичного дробления, снабженные эксцентрикковым приводом, принимают куски до 1,5 м и устанавливаются в корпусе первичного дробления обогатительных фабрик. Чаще всего они устанавливаются попарно, чтобы в случае ремонта одной из них не прекращать круглосуточную работу фабрики.

В России конусные дробилки крупного дробления (ККД) выпускает ОАО "Объединенные машиностроительные заводы" (ОМЗ).

Конусные эксцентрикковые дробилки, так же как и щековые, способны перерабатывать природные минералы любой прочности и абразивности.

В целом на большинстве предприятий для крупного дробления применяют эксцентрикковые и вибрационные конусные дробилки ККД, КРД и ВКД, щековые дробилки ЩДП, ЩДС и ВЩД.

Отметим, что использование традиционных щековых и конусных эксцентрикковых дробилок позволяет получать кубовидность не более 80% при переизмельчении по классу 0-5 мм – 45-50%. Дробление существенно ухудшается с увеличением прочности горных пород.

После стадии крупного дробления обычно следуют еще 2-3 стадии: среднего и мелкого.

Для вторичного (среднего) дробления на подавляющем большинстве отечественных дробильных заводов применяют в основном конусные дробилки КСД-1750Гр (Гр2) или КСД-2200Гр (Гр2). В этих машинах дробление куска материала происходит непосредственно сдавливанием между поверхностями конусов. По воздействию на материал такое дробление мало отличается от дробления в щековой дробилке и приводит к повышенному содержанию в переработанной массе зерен лещадной формы. Особенно много пластинчатых и игольчатых зерен в мелких фракциях, которые получаются вследствие скола с более крупных кусков породы. После вторичного дробления обычно происходит частичный отбор щебня крупных фракций 40-70 мм или 25-60 мм, являющихся готовым продуктом вполне удовлетворительного качества.

На третичном дроблении с использованием конусных дробилок КМД-1750 либо КМД-2200 получают щебень мелких фракций от 3 до 20 мм. Конструкция камер дробления в старых дробилках типа КМД не позволяет получать кубовидный щебень в товарных фракциях. Дробление в них также производится сдавливанием куска между конусами, что способствует получению щебня игольчатой и пластинчатой формы. Общее содержание зерен такой формы достигает 30-40% от объема переработанного материала.

Есть проблемы и при сортировке продукции. Используемые грохоты, практически повсеместно это ГИС (до трех сит), не позволяют качественно отсортировать щебень. Для отделения материала каждого класса используется одно сито, и надрешетный продукт обычно целиком составляет товарную фракцию. В современных сортировочных комплексах зарубежного производства товарная фракция проходит каскадное грохочение, и надрешетный продукт составляет лишь часть товарной фракции, что позволяет очень качественно разделять дробленый материал.

Конусные дробилки среднего и мелкого дробления есть в номенклатуре каждой зарубежной фирмы-производителя. Так, Metso Minerals предлагает дробилки серии HP (пришедшей на смену дробилкам типа Symons) и MP, а также гирационные дробилки серии GP. Кроме того, компания остается единственным производителем дробилок мокрого дробления серии Waterflush. Фирма Sandvik предлагает на рынке дробилки Hydrocone серий S и H, производство которых перешло к ней от Svedala в 2001 г. при образовании Metso. Недавно Sandvik официально представил новый типоразмер – Hydrocone H7800. Компания TelSmith продвигает дробилки Gyrasphere серий D и H, фирма ThyssenKrupp – дробилки серии Kubria.

Одним из решений вопроса выпуска кубовидного щебня на действующих заводах является применение на третьей-четвертой стадиях роторных центробежных дробилок.

Принцип работы этих машин следующий: продукт подается сверху на раскрученный ротор, куски породы разгоняются ротором до определенной скорости и под действием центробежных сил ударяются о самофутеровку, которая состоит из обрабатываемого материала. Используется так называемый принцип дробления "камень о камень". При соударении кусков породы разрушаются самые слабые куски, имеющие пластинчатую или иглообразную форму. Самофутеровка большинства элементов дробимым материалом позволила значительно снизить затраты, возникающие вследствие износа внутренних поверхностей дробилки. В результате содержание лещадных зерен в готовом продукте значительно снижается. При повышении скорости вращения увеличивается и степень дробления, и количество отсева. Одним из самых существенных недостатков роторных центробежных дробилок является именно большое количество отсева, иногда до 45%.

Такие установки могут работать в режиме кубизатора, когда скорость вращения ротора дробилки снижена и разрушаются только зерна лещадной формы, а степень дробления сокращается до единицы. Кубизатор можно устанавливать на стадии доводки товарной фракции уже после третичного дробления.

Роторные центробежные дробилки серий Merlin фирмы Sandvik Rock Processing (Швеция), Barmac фирмы Metso Minerals (Финляндия), ODV и CBD компании Alta (Чехия) уже не один год работают на российских дробильных заводах на третьей-четвертой стадиях дробления. Отечественные

центробежные дробилки представляют на рынке ЗАО "Урал-Омега" (дробилки ДЦ-1,6; ДЦ- 1,25) и санкт-петербургская машиностроительная компания ЗАО "Новые Технологии" (дробилки Титан Д-125, Д-160, Д-250).

Дробилки серий ДЦ (ЗАО "Урал-Омега") и Титан Д (ЗАО "Новые Технологии") оснащены самобалансирующимся опорным узлом вращающейся системы на воздушном подвесе. Образованная вентилятором высокого давления воздушная подушка под ротором и воздушный зазор играют роль газового подшипника, что позволяет создать самобалансирующуюся систему рабочего органа. Отсутствие подшипниковых узлов позволяет уйти от целого ряда проблем, связанных с высокой чувствительностью последних к дисбалансу. Дробилки этого типа не вызывают относительно сильных вибраций и не требуют массивного фундамента.

Дробилки Титан Д созданы специально для третьей и четвертой стадий дробления. Они идеально встают в технологические линии по переработке любых рудных и нерудных материалов с влажностью менее 8%. В типоразмерном ряду девять моделей дробилок производительностью на проход от 1,2 до 500 т/ч. В дробилках Титан Д конструкционно предусмотрено изменение скоростей дробления материала по принципу "камень о камень" или "камень о металл" в диапазоне от 40 до 120 м/с.

Это дает широкие возможности для создания различных по своему функциональному назначению агрегатов, абсолютно надежных в работе благодаря регулировке под конкретный материал в зависимости от его физических свойств. Использование в конструкции дробилки высококачественных твердосплавных деталей, а также самофутеровка большинства элементов дробимым материалом значительно снижают затраты на износ. Дробильно-сортировочные заводы на базе оборудования Титан позволяют производить щебень изометрической формы по всем классам крупности, а также получать в отсеве высококачественный искусственный песок.

В отличие от традиционных технологий дробления, применяемых на отечественных щебзаводах, в центробежных дробилках изометрическая кубовидная форма зерна сохраняется по всем классам дробленого материала, включая мелкие. Это позволяет использовать отсевы дробления для получения высококачественного обогащенного классифицированного песка заданного модуля крупности.

Помимо роторных центробежных дробилок на фазе грануляции может быть использован агрегат ДРО-629 ("Дробмаш") на базе роторной дробилки ударного действия. Новая дробилка ударного действия ДИМ разработана также ООО "Обуховская промышленная компания". Дробильно-измельчительная машина ДИМ-800К позволяет получать высококачественный кубовидный щебень (I группа ГОСТ 8267-93), перерабатывать нерудные материалы, строительные отходы и отходы металлургических комбинатов. Способ активного ударного дробления позволяет максимально использовать кинетическую энергию дробимой массы

и ударных элементов, значительно повысить эффективность процесса дробления и разрушать твёрдые породы до мелких частиц в одну стадию.

Институтом ОАО "НИИпроектасбест" также разработана конструкция и изготавливается типоразмерный ряд роторных дробилок, используемых при производстве строительных материалов, включая производство щебня. Дробилки обеспечивают производительность от 5 до 70 м³/ч с размером куска исходного материала от 40 до 400 мм.

Роторные дробилки обеспечивают при низкой энергоёмкости процесса дробления (1,07 кВт·ч/м³) высокие потребительские свойства дробленого материала:

- снижение содержания зерен щебня пластинчатой и игловатой формы от 30-44% в исходном продукте до 10-16% в готовых фракциях;
- увеличение прочности получаемых фракций щебня на 10-15% за счет снижения микротрещиноватости кусков и селективности раскрытия.

После дробления выход отсевов (фракция -5+0 мм) не превышает 30%.

Кроме того, отметим разработку Института горного дела Севера им. Н.В. Черского роторной дробилки комбинированного ударного действия ДКД-300, которая используется для производства щебня из вскрышных пород при золотодобыче.

ООО НПК "Дауком" предложило принципиально новый способ дробления и измельчения горной массы. Это способ активного взаимодействия двух сред – дробимой горной массы и дробящих элементов – получил название "способ активного удара", на основе которого разработан ряд типоразмеров дробилок активного удара (ДАУ). Отличительным свойством и определяющим преимуществом дробильно-измельчительных машин ДАУ является осуществление процесса дробления горной массы в открытом цикле в одну стадию, с получением дезинтегрированного продукта такой крупности, которая требуется для использования в качестве готового материала. Высокая эффективность процесса разрушения основана на более полном использовании кинетической энергии кусков дробимого материала и дробящих элементов машины, реализуемых при их скоростном, встречном и нормальном соударении в синхронном режиме. Механизм разрушения работает с учетом крупности и прочности поступающего на дробление материала. При дроблении горных пород на щебень кубовидность зерен в конечных продуктах дробления составляет 93-96%. Допустимая влажность горной массы, перерабатываемой в дробилках ДАУ, составляет 12% и выше. Производство дробильно-сортировочных машин ДАУ организовано на ОАО "ВНИИ-Трансмаш".

Кроме отечественных производителей свою продукцию предлагают фирма Metso Minerals (серия Barmac B), Sandvik (серия Merlin), ThyssenKrupp, Telsmith, Alta (Чехия).

В целом дробилки ударного действия характеризуются повышенным износом бил и других изнашиваемых частей, непосредственно взаимодействующих с материалом дробления. Дробилки этого типа

позволяют получать щебень, форма зерен которого близка к кубовидной. Однако иногда она приближается к окатанной, что является недостатком этих дробилок. Кроме того, они являются дорогими в эксплуатации и характеризуются повышенным выходом отсевов дробления.

Основные преимущества ударных дробилок – простота конструкции и низкая цена.

В свою очередь ООО "ОМЗ-дробильно-размольное оборудование" (ЗАО МК "Уралмаш") предлагает конусные дробилки КМД-1750Т7 и КМД-2200Т7, конструкция рабочих камер которых выполнена таким образом, чтобы обеспечивать дробление в стесненных условиях, т. е. когда куски породы дробят сами себя в момент сжатия. Такое дробление способствует разрушению лещадных зерен. Чтобы обеспечивалось такое дробление, камера должна быть заполнена материалом, т. е. дробилка постоянно работает "под завалом". Для контроля режима загрузки применяются датчики, а также желательна установка небольших бункеров-накопителей прямо над приемным отверстием дробилки.

При использовании контрольного грохочения в условиях замкнутого цикла дробления получается качественный щебень с содержанием зерен лещадной формы до 15%. В отличие от работы роторных центробежных дробилок количество отсева в данном случае ощутимо меньше, до 30%. Однако существует трудность постоянного контроля количества выхода лещадных зерен. Необходимо применять и более современные многоситные (до 5 сит) грохоты, которые пока предлагаются только иностранными фирмами.

Принцип дробления "в слое" применяется в конусных дробилках ведущих мировых производителей уже не один год. Такие дробилки выпускают фирмы Sandvik Rock Processing (дробилки серии Hydrocone) и Metso Minerals (дробилки серий HP, MP и GP).

Специалистами ОАО НПК "Механобр-Техника" разработаны новые образцы дезинтегрирующего вибрационного оборудования, обеспечивающие принудительное самоизмельчение материала внутри собственного слоя под воздействием виброимпульсного сжатия с одновременным сдвигом при дозировании силы воздействия на слой материала по величине предела прочности дефектных поверхностей его структуры. Реализация таких принципов рационального разрушения осуществляется в конусных инерционных дробилках (КИД) и виброщечковых дробилках (ВЩД).

Дробилки КИД (конусные дробилки инерционного действия с регулируемым дебалансным вибровозбудителем) применяются на последней стадии дробления и обеспечивают дробление "в слое". Такие дробилки являются безэксцентриковыми и в настоящее время уже с успехом эксплуатируются многими щебзаводами Карелии, Воронежской, Оренбургской, Московской и др. областей. Помимо того, что эти дробилки обеспечивают выпуск щебня кубовидной формы, они позволяют примерно на