

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ  
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра мелиоративных и строительных машин

# ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ ЗАВОДЫ И УСТАНОВКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНО-  
ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для студентов специальности 1-74 06 04 – техническое обеспечение  
мелиоративных и водохозяйственных работ

Горки 2002

Одобрено методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства  
22.04.2002.

Составили В. А. ДРЕМУК, В. М. ГОРЕЛЬКО.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение.....	3
1. Технологические схемы и оборудование дробильно-сортировочных заводов .....	3
2. Передвижные дробильно-сортировочные установки.....	10
3. Автоматизация дробильно-сортировочных предприятий .....	17
4. Особенности эксплуатации оборудования дробильно-сортировочных заводов и установок. Охрана труда .....	22
Литература .....	24

УДК 666.972.122(072)

**Дробильно-сортировочные заводы и установки.** Методические указания к лабораторно-практическим занятиям /Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; Сост. В. А. Д р е м у к, В. М. Г о р е л ь к о. Горки, 2002, 24 с.

Приведены основные типы и конструктивные схемы дробильно-сортировочных заводов и установок. Даны методические указания по изучению конструкции, технической эксплуатации и технике безопасности при работе.

Таблиц 2. Рисунков 6. Библиогр. 6.

Рецензент канд. техн. наук, доцент М. П. ТРЕТЬЯК.

© Составление. В.А. Дремук, В.М. Горелько, 2002

© Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2002

## ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от вида выпускаемой продукции предприятия промышленности нерудных строительных материалов называют щебеночными, гравийно-песчаными и песчаными заводами. Заводы сооружают у месторождений нерудного сырья преимущественно вблизи транспортных коммуникаций (железнодорожных и водных путей сообщения). В некоторых случаях, особенно при дорожном строительстве, становится эффективным использование местных нерудных материалов, добываемых на временных (притрассовых) карьерах малой мощности. Такие разработки осуществляют с помощью передвижных дробильно-сортировочных установок.

### 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ ЗАВОДОВ

Дробильно-сортировочные заводы представляют собой сложный комплекс технологического оборудования, работающего в единой технологической цепи и обеспечивающего следующие производственные операции: прием горной породы (массы), дробление, сортировку, мойку, обезвоживание, транспортирование, складирование и отгрузку готовой продукции. Надежность и эффективность работы завода зависят от технологических задач производства и соответствия выбранного оборудования виду перерабатываемого материала.

В зависимости от вида перерабатываемого материала и выпускаемой продукции предприятия промышленности нерудных материалов могут быть щебеночными, гравийно-песчаными и песчаными. Стационарные дробильно-сортировочные заводы сооружаются вблизи месторождений технологического сырья, если его запасы обеспечивают работу предприятия при проектной мощности не менее 25 лет. Производительность предприятий нерудных строительных материалов должна соответствовать утвержденным оптимальным мощностям (табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1. Мощности дробильно-сортировочных заводов, тыс. м<sup>3</sup>/г

Предприятия	Режим работы	
	трехсменный	двухсменный
Щебеночные	530, 800, 1600, 3200	400, 600, 1200, 2400
Гравийно-песчаные	650, 1300, 2600	500, 1000, 2000

Дробильно-сортировочные заводы и установки классифицируются по следующим признакам: характеру выпускаемой продукции, производительности, схеме технологического процесса и времени эксплуатации на одном месте.

По характеру выпускаемой продукции дробильно-сортировочные заводы подразделяются на универсальные, изготавливающие различные по назначению сорта щебня (гравия), и специализированные, выпускающие продукцию одного определенного сорта.

По производительности дробильно-сортировочные предприятия делятся на заводы малой (до 50000 м<sup>3</sup>/год), средней (от 50000 до 200000 м<sup>3</sup>/год) и большой (свыше 200000 м<sup>3</sup>/год) производительности.

По схеме технологического процесса различают одно-, двух- и трехстадийные (реже четырехстадийные) схемы дробления с открытым или замкнутым циклом.

По времени эксплуатации на одном месте различают постоянно действующие дробильно-сортировочные предприятия приобъектные, создаваемые для снабжения щебнем конкретных объектов строительства, и передвижные дробильно-сортировочные установки.

Стационарные заводы сооружаются на достаточно крупных месторождениях нерудных материалов и рассчитаны на снабжение большого числа потребителей. Срок службы приобъектных заводов обычно определяется сроком строительства объекта (например, крупной гидростанции).

Передвижные дробильно-сортировочные установки наиболее экономичны при разработке месторождений с небольшими запасами сырья, а также при частных перемещениях строящихся объектов, например при дорожном строительстве.

Основным фактором, определяющим характер и последовательность выполнения операций дробления и сортировки, а также выбор соответствующих машин и их размещение, является стадийность измельчения. Измельчение камня, поступающего из карьера, до требуемого размера щебня при одностадийном дроблении производится в одной дробилке.

При открытом цикле режим работы дробилки выбирается таким, чтобы из нее не выходили зерна больше заданного максимального размера щебня. Однако по ряду технико-эксплуатационных и экономических соображений степень измельчения, осуществляемая в одной дробилке, не должна превышать оптимальных значений. Например, в щековых дробилках она составляет 4...6, в конусных – 5...8. Если требуемая степень измельчения больше названных значений, то применяется или закрытый цикл работы, или многостадийное дробление.

При закрытом цикле отсортированная часть щебня, размер которой больше заданного, возвращается снова в ту же дробилку.

Типовые технологические схемы дробильно-сортировочных заводов показаны на рис. 1.

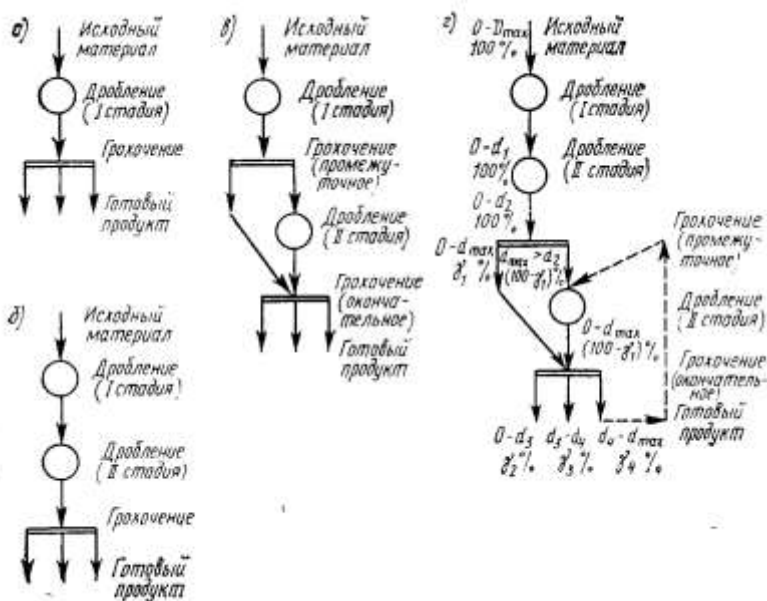


Рис. 1. Типовые технологические схемы дробильно-сортировочных заводов.

На рис. 1,а дана одностадийная схема измельчения в открытом цикле. При этой схеме дробление совершается за один проход дробилки, и весь продукт дробления направляется на грохот для разделения на фракции. Одностадийное дробление применяется в основном на заводах производительностью менее 500 тыс. м<sup>3</sup>/год при производстве рядового щебня крупностью до 70 мм. В одностадийных схемах не всегда удастся осуществить полную механизацию производства из-за чрезмерных габаритов отдельных кусков исходного материала, поэтому на заводах они применяются весьма редко.

На рис. 1,б,в. показаны двухстадийные схемы, наиболее распространенные при производстве щебня для строительства (получают 3...5 фракций готового продукта). Первый вариант двухстадийной схемы (рис. 1,б) предусматривает направление продукта первой стадии полностью в дробилки второй стадии и затем – на грохочение. Такая схема производства применяется в том случае, когда в продукте первой стадии содержится менее 25% продукта окончательной крупности. При наличии в продукте первой стадии окончательного продукта >25%

применяется схема двухстадийного дробления с промежуточным грохочением после первой стадии (рис. 1,б). На промежуточном грохоте отделяется продукт окончательной крупности и направляется на окончательное грохочение, минуя вторую стадию измельчения.

На рис. 1,г показана трехстадийная схема дробления (качественно-количественная схема). Третья стадия показана в открытом цикле (сплошная линия) и в замкнутом (пунктирная линия). Такая схема показывает крупность продукта и производительность по операциям (в %). На первую стадию поступает исходный материал крупностью  $0 - D_{\max}$  и выходит продукт крупностью  $0 - d_1$ . Весь продукт крупностью  $0 - d_1$  поступает на вторую стадию дробления и получается продукт крупностью  $0 - d_2$ . Продукт второй стадии  $0 - d_2$  поступает на промежуточное грохочение, где отделяется готовый продукт  $0 - d_{\max}$  в объеме  $\gamma_1$ , а остальной продукт крупнее  $d_{\max}$  и объемом  $(100 - \gamma_1) \%$  направляется на измельчение в третью стадию. Продукт дробления третьей стадии крупностью  $0 - d_{\max}$  смешивается с продуктом второй стадии, имеющим ту же крупность, и поступает на окончательное грохочение на фракции  $0 - d_3$ ,  $d_3 - d_4$  и  $d_4 - d_{\max}$ , выход которых соответственно составил  $\gamma_2$ ,  $\gamma_3$ ,  $\gamma_4 \%$ . Сумма выходов всех фракций  $\gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 = 100 \%$ . Продукт дробления  $0 - d_{\max}$  (см. рис. 1,г) может быть уменьшен, например, до крупности  $0 - d_4$  без увеличения числа стадий дробления. Для этого фракцию  $d_4 - d_{\max}$  отсеивают на грохоте окончательной сортировки и возвращают в дробилку, т. е. дробилка работает в замкнутом цикле. Объем материала  $\gamma_4$ , возвращаемого в дробилку третьей стадии, называют *циркуляционной нагрузкой*. Обычно ее значение не превышает 15...25%. Соответственно производительность дробилки третьей стадии и сортировочного оборудования должна быть больше на величину  $\gamma_4$ .

Выше рассмотрены только принципиальные технологические схемы дробильно-сортировочного завода, отличающиеся только по числу стадий дробления. Практически же схемы установок значительно сложнее в результате включения дополнительных операций. Так, при переработке разнопрочных материалов, например известняков, содержащих слабые включения и глину, предусматривается двухпоточная схема. Для этого исходное сырье разделяется колосниковым грохотом предварительного грохочения на два потока: крупностью 0...200 мм («грязный» или «слабый») и крупностью более 200 мм («чистый» или «прочный»). В дальнейшем оба потока перерабатываются отдельно. В первом случае получают щебень более низкого качества, чем во втором. В технологической линии обоих потоков устанавливаются глиноотборники, моечное и обезвоженное оборудование. Кроме того, организуются специальные участки для переработки мелких фракций продукта дробления (0...5 мм). На известняковых заводах мелкие фракции перерабатываются в известковую муку, используемую в сельском хозяй-

стве. На заводах по переработке прочной горной массы мелкие фракции используются для производства строительного песка.

Выбор оборудования дробильно-сортировочных заводов начинается с изучения условий производства, подбора типа оборудования и разработки качественной технологической схемы.

Технологические схемы щебеночных стационарных заводов в зависимости от вида перерабатываемой горной породы могут быть разделены на три типа: прочных однородных абразивных пород; прочных однородных малоабразивных пород; неоднородных малоабразивных пород.

Для первых технологических схем заводов применяют щековые дробилки с простым качанием щеки и конусные дробилки всех типов. Для вторых – в основном дробилки ударного действия на всех стадиях дробления, а также щековые дробилки со сложным качанием щеки. Для третьих характерно включение в технологическую схему оборудования, позволяющего проводить избирательное дробление, отбор глины, промывку и обезвоживание. Для избирательного дробления пород рекомендуются дробилки ударного действия.

Размер исходного материала  $D_{\max}$  и крупность готового продукта  $d_{\max}$  позволяют определить тип оборудования, которое должно быть использовано на данном предприятии, а также какая схема дробления оптимальна – одно- или многостадийная. В дробилках крупного дробления, производительность которых обычно стремятся использовать полностью, степень измельчения не превышает: в щековых дробилках – 7,2; конусных – 7,5; роторных – 15.

Следовательно, если по условию производства степень измельчения должна быть больше, дробление необходимо вести в две, а иногда (при  $d_{\max} = 15...25$  мм) и в три стадии. Увеличение стадий дробления приводит к возрастанию затрат на капитальное строительство заводов, удорожанию готового продукта. Поэтому при проектировании предприятий следует стремиться к минимальному числу стадий дробления. На экономические показатели предприятия существенное влияние оказывает количество технологических линий, действующих параллельно. Наиболее целесообразно проектировать предприятия с одной технологической линией, на которых выработка на одного производственного рабочего на 50...60 % выше, чем при двухлинейной схеме производства; себестоимость готовой продукции и расход энергии ниже на 25...35% соответственно, чем при двухлинейной схеме.

В последнее время получил распространение новый тип дробильно-сортировочных предприятий – сборно-разборные автоматизированные дробильно-сортировочные линии (САДЛ), предназначенные для работы в районах с ограниченными запасами минерального сырья (5...15 млн. м<sup>3</sup>) или с ограниченным (по объему и срокам) потреблением нерудных строительных материалов при условии сжатых сроков ввода

объектов в эксплуатацию. Ввод в эксплуатацию САДЛ позволяет снизить транспортные расходы по доставке песка и щебня потребителям, расширить сырьевую базу нерудных строительных материалов, повысить уровень автоматизации процесса переработки минерального сырья, обеспечить нормативные санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала и защиту окружающей среды от загрязнения. Основными потребителями продукции САДЛ являются рассредоточенные объекты сельского или гидротехнического строительства с годовым потреблением щебня до 600 тыс. м<sup>3</sup>.

Выпускаются три комплекта оборудования САДЛ производительностью 400...500 тыс. м<sup>3</sup> щебня в год из изверженных (САДЛ-И-400), осадочных (САДЛ-О-400) и гравийно-песчаных (САДЛ-ГП-400) пород. Технологические схемы САДЛ предусматривают двух- и трехстадийное дробление исходного материала крупностью до 800 мм для получения щебня 0...70 мм и песка 0,15...5 мм (дробленого или природного обогащенного).

В состав комплектов оборудования САДЛ в зависимости от модификации входят агрегаты: крупного, среднего и мелкого дробления; предварительной, промежуточной и окончательной сортировки; промывки щебня и классификации песка; бункера-склады готовой продукции; питатели и ленточные конвейеры, а также агрегаты управления и аспирации. Работа САДЛ осуществляется круглосуточно при положительных температурах окружающего воздуха. Агрегаты линии оборудованы укрытиями с местами присоединения к аспирационным устройствам.

На рис.2 показана технологическая схема САДЛ, предусматривающая трехстадийное дробление прочных (80...250 МПа) изверженных пород без предварительного грохочения исходной горной массы с замкнутым циклом на последней стадии дробления. При данной технологической схеме может выпускаться щебень 0...70 и 0...40 мм. В первом случае третья стадия дробления отключается и цикл дробления замыкается на второй стадии.

Процесс получения щебня осуществляется следующим образом. Исходная горная масса крупностью 0...700 мм доставляется из карьера автотранспортом и поступает в бункер 1 агрегата первичного дробления. Из бункера материал подается вибрационным питателем 2 в дробилку первичного дробления 3, где размер отдельных кусков уменьшается до 0...250 мм, благодаря чему обеспечивается нормальная работа последующих дробилок. Из агрегата первичного дробления материал ленточными конвейерами 4 подается в конусную дробилку вторичного дробления 5, где происходит дальнейшее измельчение кусков до 0...90 мм. Продукт дробления конусной дробилки 5 ленточными конвейерами 6 и 7 подается в агрегат предварительного грохочения, состоящий из

грохота 8 и перегрузочных ленточных конвейеров. На грохоте 8 сито устанавливается на максимальный размер фракций готового продукта.

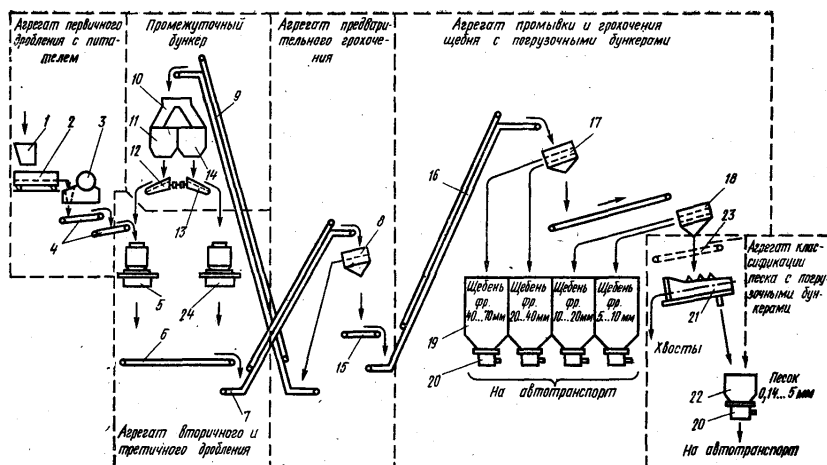


Рис.2. Функциональная технологическая схема сборно-разборной автоматизированной дробильно-сортировальной линии (САДЛ).

С этого сита верхний продукт (зерна крупнее 70 мм) по конвейеру 9 подается в промежуточный бункер-агрегат, где с помощью самозапирающейся воронки 10 поступает в отсек 11 бункера и далее вибрационным питателем 12 подается в конусную дробилку 5 на додробление. Так осуществляется замкнутый цикл дробления для получения щебня крупностью 0...70 мм, после чего материал поступает через грохот 8, конвейеры 15 и 16 на грохоты 17 и 18, где фракции разделяются и поступают в погрузочные бункера 19, оснащенные автоматическими весовыми дозаторами непрерывного действия 20. Объем бункеров каждой фракции должен обеспечить 1,5...2-часовую непрерывную работу САДЛа. В связи с тем что щебень мелких фракций (5...20 мм) промывается, предназначенные для них бункера имеют перфорированные днища с отводом дренажных вод. Отходы (0...5 мм), получаемые при производстве щебня, поступают в спиральный классификатор 21 и оттуда – в погрузочный бункер 22, снабженный весовым дозатором 20. При работе САДЛ без промывки песка сухая фракция 0...5 мм ленточным конвейером 23 подается непосредственно в бункер 22 из грохота 18. При получении щебня крупностью 0...40 мм начинает действовать конусная дробилка 24 третьей стадии дробления. При этом на грохоте 8 устанавливается сито с ячейками, допускающими прохождение кусков размером 0...40 мм. Куски размером более 40 мм по конвейеру 9 поступают в

отсек 14 и далее питателем 13 – в конусную дробилку 24. Затем процесс получения щебня происходит аналогично рассмотренному выше.

Для управления и наблюдения за работой САДЛ предусматривается специальный агрегат управления, на пульт которого выносятся показания работы всех агрегатов. Особенностью рассмотренных САДЛ является установка щековых и конусных дробилок на специальные виброизолирующие опоры, что позволяет значительно уменьшить массу фундамента и сократить сроки строительства.

## **2. ПЕРЕДВИЖНЫЕ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ УСТАНОВКИ**

В транспортном, сельскохозяйственном и других видах строительства широко применяют передвижные дробильно-сортировочные установки (ПДСУ). Это позволяет значительно снизить стоимость строительных работ в результате использования местных строительных материалов из месторождений малой мощности и кратковременного действия, на которых нерентабельно создавать стационарные заводы. Например, при строительстве автомобильных дорог с асфальто- и цементобетонным покрытием стоимость каменных материалов составляет 50...70% от стоимости всего дорожного покрытия. Разработка при-трассовых карьеров с использованием ПДСУ позволяет снизить эти расходы в 1,8...2 раза вследствие снижения затрат на транспортирование.

Передвижные дробильно-сортировочные установки (ПДСУ) представляют собой комплект дробильно-сортировочного и транспортирующего оборудования, установленного на самоходных прицепных платформах на пневмоколесном ходу.

По производительности они подразделяются на три основные группы: малой (до 12 т/ч), средней (до 50 т/ч) и большой (более 50 т/ч) производительности.

**ПДСУ малой производительности** применяются при строительстве и ремонте автомобильных дорог местного значения. Источником питания таких ПДСУ служат дизель-генераторные станции, что позволяет использовать их в удаленных от источников электроэнергии местах. Такие установки отличаются простотой конструкции, малой массой и высокой мобильностью. Конструкцию установки малой производительности рассмотрим на примере установки СМД-106. Дробление в установке производится по одностадийной схеме в замкнутом цикле. На раме 1 (рис. 3) установлены бункер 3, лотковый питатель 4, щековая дробилка 5 и виброгрохот 6. Рама снабжена двумя пневмоколесными тележками 2, при эксплуатации установки рама опирается на домкраты.

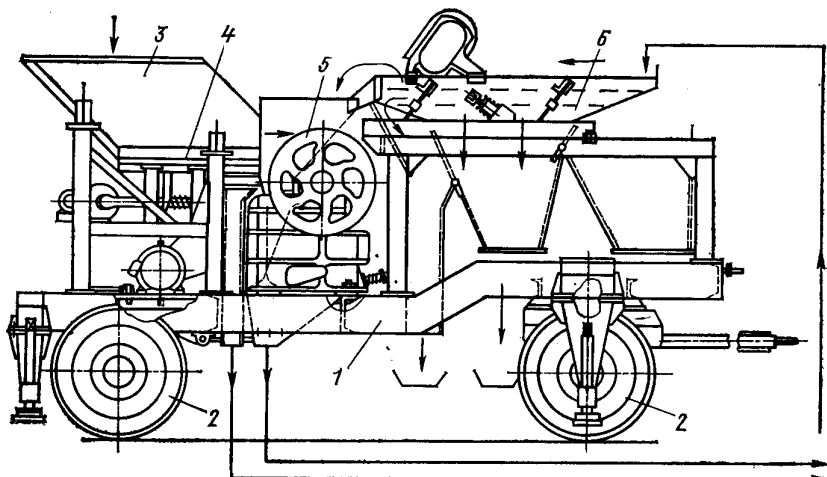


Рис. 3. Передвижная дробильно-сортировочная установка малой производительности.

С установкой работают пять конвейеров: три – для транспортировки готового продукта и два – для работы установки в замкнутом цикле. Работа установки происходит следующим образом. Исходный материал загружается в бункер 3, откуда лотковым питателем 4 подается в щековую дробилку 5. Питатель снабжен колосниковой решеткой для предварительного грохочения перед дробилкой. Измельченный в дробилке материал по ленточным конвейерам поступает на двухситный виброгрохот 6. Материал, сошедший с верхнего сита, направляется на доизмельчение в дробилку 5, а остальной разделяется на ситах по фракциям и конвейерами отводится на склад готовой продукции. Управление установкой – дистанционное, что улучшает условия работы обслуживающего персонала.

**Установки средней производительности** обычно состоят из двух агрегатов: крупного дробления и мелкого дробления и сортировки. Такие установки применяются для получения щебня крупностью 0...25 мм. При замене сит на грохоте крупность получаемого щебня может увеличиться до 40 мм.

Передвижная установка (рис. 4) состоит из двух агрегатов дробления: первичного и вторичного. Первичный агрегат предназначен для переработки горных пород с пределом прочности при сжатии до 300 МПа и выдачи рядового несортированного продукта дробления. Такой агрегат является первой ступенью дробления, поэтому продукт дробления подается на второй агрегат, который производит вторичное дробление и сортирование на три фракции готового продукта.

Агрегат первичного дробления (рис. 4,а) устроен следующим образом. Рама агрегата для быстрого его транспортирования установлена на переднюю 7 и заднюю 9 тележки. На раме 10 в технологической последовательности монтируют пластинчатый питатель 2, щековую дробилку 4 и ленточный транспортер 6. Управление агрегатом дистанционное, с переносного пульта. Для работы в ночное время агрегат имеет освещение. Все рабочее оборудование приводится в действие от индивидуальных электродвигателей.

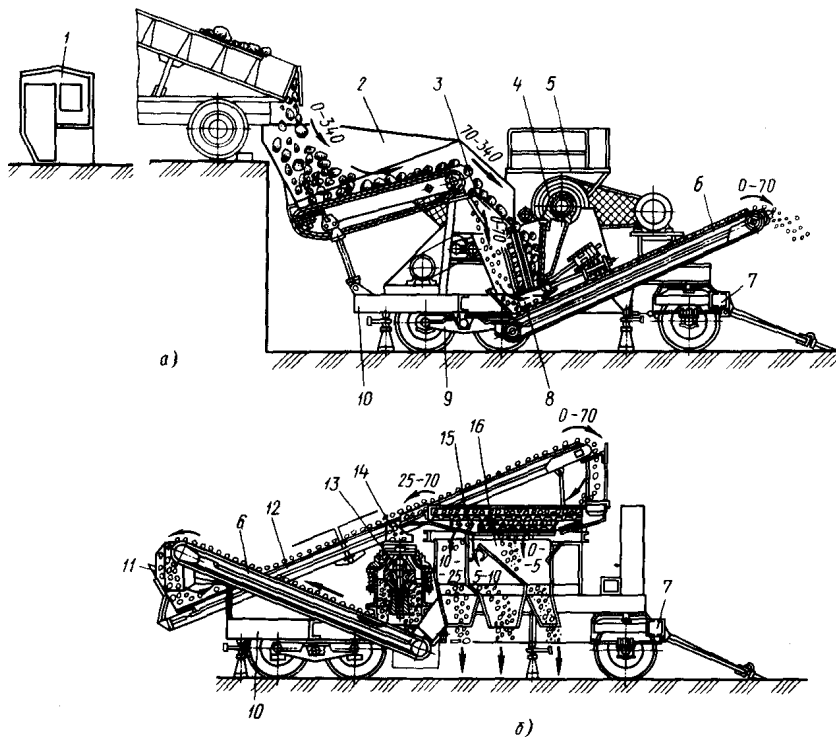


Рис. 4. Схема агрегатов первичного и вторичного дробления передвижной установки: а – агрегат первичного дробления СМД-126; б – агрегат вторичного дробления СМД-127.

Пластинчатый питатель 2 обеспечивает равномерную подачу материала, подлежащего дроблению, в щековую дробилку. Несущим органом питателя является полотно, которое составлено из стальных пластин, перекрывающих одна другую и жестко связанных звеньями цепи.

Цепь с ходовыми роликами расположена под полотном. Над питателем установлен бункер, в верхней части которого (в месте загрузки) имеется колосниковая решетка, предохраняющая дробилку от попадания негабаритных кусков. Для предохранения бункера от изнашивания на его задней стенке приварена футеровка из стальных листов. Ленточный конвейер 6 с лентой шириной 500 мм предназначен для подачи готового материала от дробилки в штабель или на агрегат вторичного дробления.

Площадка 5 управления расположена выше уровня приемного отверстия дробилки, что дает возможность наблюдать за работой ее агрегатов. Установка имеет кабину 1 оператора с пультом управления, а наверху – фары для освещения агрегатов при работе в ночное время.

Материал, подлежащий дроблению, загружается в бункер пластинчатого питателя экскаватором, бульдозером или прямо из самосвала в зависимости от рельефа местности. Из бункера исходный материал питателем подается через колосниковую решетку 3 в дробилку. Удаление мелкого материала через колосниковую решетку частично разгружает дробилку и повышает производительность. Кроме того, при поступлении материала, загрязненного примесями, эта решетка служит для его частичного разделения и вывода из технологического потока. В этом случае снимается течка 8, и загрязненный материал специальным транспортером направляется в отвал. Если поступающее на переработку сырье не содержит загрязняющих примесей, то отсев с колосниковой решетки вместе с продуктом, выходящим из щековой дробилки, подается конвейером 6 в агрегат вторичного дробления или в транспорт.

Равномерность подачи материала обеспечивается блокировкой пластинчатого питателя и щековой дробилки. При переполнении дробилки автоматически отключается пластинчатый питатель; при опускании материала в дробилке ниже нормального уровня питатель включается снова. Система автоблокировки облегчает условия эксплуатации установки.

Агрегат вторичного дробления (рис. 4,б) предназначен для мелкого дробления, сортирования и выдачи до трех фракций готового продукта. Работая совместно с агрегатом первичного дробления, он вторично перерабатывает материал, выдавая более мелкие фракции. Как и агрегат первичного дробления, этот агрегат может входить в комплект различных передвижных дробильно-сортировочных установок. Его узлы монтируют на раме, установленной на двух тележках. Такой агрегат используют для получения щебня трех фракций с размерами зерен 0...5, 5...10 и 10...25 мм, а также для переработки гравия с размером зерен до 75 мм. В этом случае агрегат загружается конвейером равномерно. Агрегат вторичного дробления имеет конусную дробилку 13,

виброгрохот 15, ленточные конвейеры 6 и 12, бункера и другое оборудование.

В зависимости от выбранной схемы дробимый материал поступает с промежуточного склада или с первичного агрегата через загрузочную воронку 14 в приемный бункер 11. Отсюда конвейером 12 подается на инерционный грохот 15. После сортирования материал по фракциям направляется в трехсекционный бункер 16. Под каждый отсек бункера подводятся лотки ленточных конвейеров, подающих щебень в штабеля склада.

Обычно на этих установках грохот имеет сита с ячейками 5, 20 и 40 мм, что обеспечивает получение фракции 0...5, 5...20 и 20...40 мм. Материал размером более 40 мм поступает в конусную дробилку для вторичного дробления.

Как видно из схемы, агрегат работает по замкнутому циклу. Техническая характеристика установки приведена в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Техническая характеристика передвижной дробильно-сортировочной установки

Показатели	Агрегат СМД-126 первичного дробления	Агрегат СМД-127 вторичного дробления
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	20...50	18...30
Наибольшая крупность загружаемого материала, мм	340	60
Ширина выходной щели дробилки, мм	40...90	12...35
Дорожный просвет, мм	290	400
База, мм	5000	5850
Колея, мм:		
передняя	1500	1500
задняя	2170	1800
Максимально допустимая скорость передвижения, км/ч	20	20
Общая мощность двигателей, кВт	55	41
Масса, т	30,85	14,62

Кроме передвижных дробильно-сортировочных установок для создания гибких технологических схем в зависимости от требований к готовому продукту и местных горно-геологических условий промышленность выпускает комплектные агрегаты производительностью 65...200 м<sup>3</sup>/ч, состоящие из бункеров-питателей, дробильно-сортировочных агрегатов, ленточных конвейеров и транспортных тележек. Возможность комбинирования агрегатами обеспечивает создание наилучших условий для использования оборудования, получения максимальной производительности при нужном качестве щебня.

**Дробильно-сортировочные установки большой производительности** применяются при строительстве магистральных автомобильных дорог, аэродромов в тех случаях гидротехнического строительства, когда на месторождении нерудных ископаемых нерентабельно создавать стационарное дробильно-сортировочное предприятие или необходимо резко увеличить производство щебня различных фракций.

ПДСУ большой производительности позволяют обеспечить комплексную механизацию технологического процесса; они состоят из отдельных агрегатов, включающих только одну технологическую операцию. Агрегаты смонтированы на ходовых тележках с пневмоколесным ходом, что обеспечивает их транспортировку со скоростью до 40 км/ч.

Агрегаты крупного и среднего дробления обеспечивают одностадийное дробление в открытом цикле; агрегаты мелкого дробления и сортировки работают обычно в замкнутом цикле. В качестве рабочего оборудования агрегатов применяются щековые, конусные и роторные дробилки, а также вибрационные грохоты различных типов.

Наличие большого числа специализированных агрегатов дробления и сортировки позволяет осуществить различные компоновочные схемы процесса переработки каменного материала исходя из горно-геологических условий и требований к готовому продукту. На рис. 5 показаны различные схемы компоновки агрегатов ПДСУ большой производительности (ПДСУ-200). Схема на рис. 5,а предназначена для получения щебня крупностью до 40 мм из абразивных высокопрочных пород ( $\sigma_b = 300...500$  МПа). В этом случае предусмотрено трехстадийное дробление с замкнутым циклом на второй и третьей стадиях.

Исходный материал поступает в бункер, откуда пластинчатым питателем 1 доставляется в щековую дробилку размером 600 × 900 мм агрегата 2. Измельченный материал поступает на конвейер 3, которым доставляется на агрегат 5 с двухситным грохотом для промежуточного грохочения. Надрешетный материал верхнего сита направляется на агрегат 6 с двумя щековыми дробилками размером 250 × 900 мм, откуда он вновь поступает на агрегат 5. Верхний продукт нижнего сита перемещается в агрегат 4 мелкого дробления с конусной дробилкой и после измельчения также поступает на агрегат 5. Нижний продукт нижнего сита направляется на агрегат 7 с грохотом для окончательной сортировки.

При данной компоновке оборудования максимальная производительность ПДСУ – 65 м<sup>3</sup>/ч, установленная мощность – 332,8 кВт, общая масса – 133 т. При необходимости получения щебня крупностью до 70 мм агрегат мелкого дробления заменяется вторым агрегатом среднего дробления или совсем исключается. При этом производительность ПДСУ увеличивается до 100 м<sup>3</sup>/ч.

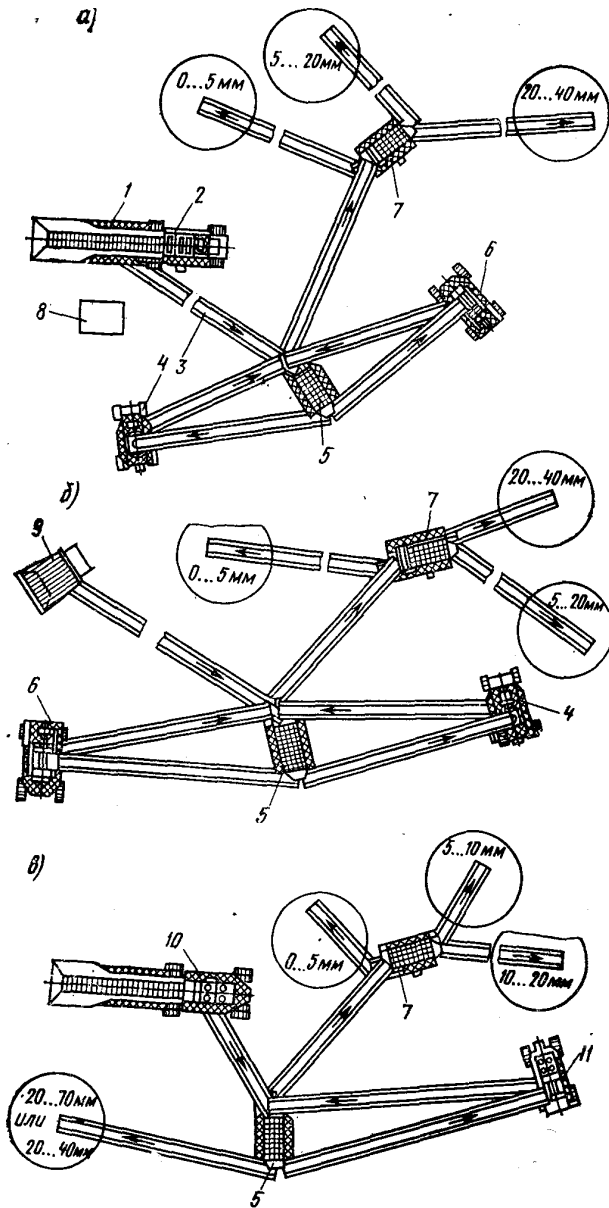


Рис. 5. Варианты компоновки агрегатов ЦДСУ большой производительности.

При разработке гравийно-песчаных месторождений (рис. 5,б) гравийно-песчаная масса поступает в бункер-питатель 8 и далее – в агрегат 5 промежуточного грохочения. Песок и отходы гравия (фракция 0...5 мм) оттуда направляются на агрегат 7 окончательного грохочения, минуя агрегаты дробления. Крупные фракции гравия (более 40 мм) поступают в агрегаты среднего 6 и мелкого 4 дробления. Раздробленный материал из этих агрегатов вновь поступает в агрегат 5, где отделяется готовый продукт, а крупные куски направляются на додробливание. Этим достигается замкнутый цикл дробления. Готовый продукт подается на агрегат 7 окончательного грохочения, где разделяется по фракциям. При данной схеме производительность ПДСУ равна приблизительно 200 м<sup>3</sup>/ч, установочная мощность – 240,8 кВт, общая масса – 91,48 т.

Для переработки малоабразивных осадочных пород рекомендуется технологическая схема, изображенная на рис. 5,в. В нее помимо бункера-питателя, грохотов и конвейеров включены два агрегата с роторными дробилками для крупного 10 и среднего 11 дробления. Производительность ПДСУ – 70...100 м<sup>3</sup>/ч при крупности готового продукта до 40 и 70 мм соответственно, установочная мощность – 254,5 кВт, общая масса – 106,2 т.

Все агрегаты ПДСУ снабжены площадками для обслуживания и винтовыми домкратами, на которые они опираются при эксплуатации. Управление оборудованием – дистанционное с общего пульта, смонтированного в кабине агрегата управления 8. Последний снабжен кондиционером, обогревателями и осветителями. Кабина защищает оператора от воздействия шумов, пыли и вибрации.

### **3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Дробильно-сортировочные предприятия представляют собой комплекс оборудования по переработке и транспортировке продукции, который действует без участия обслуживающего персонала, а только под его наблюдением, что позволяет автоматизировать технологический процесс. Автоматизация дробильно-сортировочных предприятий предусматривает автоматическую защиту технологического оборудования от аварийных режимов и режимов перегрузки, местное и централизованное автоматическое управление технологическим процессом, автоматический контроль за состоянием оборудования и санитарно-техническим состоянием рабочих помещений, а также автоматический учет поступающего сырья и отпущенного потребителям готового продукта по фракциям.

Управление автоматизированным дробильно-сортировочным предприятием осуществляется с центрального диспетчерского пульта и предусматривает три режима управления: дистанционный, автоматизи-

рованный местный и местный заблокированный. Первый режим является основным и осуществляется с центрального пульта; второй применяется при профилактических и ремонтных работах; третий – при наладке схем автоматизации. Последние два режима осуществляются с помощью аппаратуры, установленной непосредственно на машине. Пуск и отключение механизмов осуществляются в последовательности, определяемой технологией производства, причем основной операции предшествуют вспомогательные: включение звуковой сигнализации, аспирационной системы и подачи воды. Нарушение принятой последовательности пуска и отключения механизмов может привести к авариям, поэтому предусматривается система блокировки механизмов, предотвращающая их повреждение.

Автоматический учет поступающего сырья и отгружаемой готовой продукции осуществляется с помощью автоматических весов, взвешивающих транспорт с исходным материалом и готовой продукцией (по фракциям). Автоматизация технологического процесса предприятия начинается с бункера для исходного сырья, который оборудуется датчиками уровня расположения материала. Верхний датчик ограничивает наибольшую высоту расположения материала, нижний – определяет минимальный слой материала, расположенного над питателем. При срабатывании нижнего датчика работа питателя прекращается, что сохраняет над ним минимальный слой материала, необходимый для предотвращения поломки питателя при разгрузке в бункер крупных кусков.

Автоматизация узлов крупного дробления, на которых установлены, как правило, щековые дробилки, предусматривает управление процессом загрузки дробилки, основанное на автоматическом измерении уровня загрузки камеры дробления, мощности, потребляемой электродвигателем, привода, и погонной нагрузки на ленточный конвейер, отводящий продукт дробления. При этом сигналы об отклонении от заданного режима работы передаются на систему, регулируемую скорость питателя. Кроме того, дробильные машины снабжаются автоматической системой защиты от попадания недробимых предметов, включающей в себя установку металлоискателей или электромагнитов. Для отключения электродвигателя дробилки при попадании в нее предметов из немагнитных металлов применяется установка токовых реле в схеме электропривода. Для предотвращения работы машин в аварийном режиме они снабжаются автоматическими устройствами для контроля работы системы смазки (наличие смазки в подшипниках и ее температура).

Автоматизация узлов среднего и мелкого дробления, где установлены конусные дробилки, предусматривает блокировочные связи с узлом крупного дробления и между собой, регулирование режима подачи в них материала, а также защиту от аварийных режимов. В некоторых

случаях автоматизация узла предусматривает обеспечение заданного соотношения между отдельными фракциями измельчаемого продукта путем автоматического регулирования ширины разгрузочной щели.

Автоматизация узлов грохочения предусматривает контроль гранулометрического состава готового продукта путем проверки соотношения (весового) между отдельными фракциями. Обеспечение заданного соотношения между отдельными фракциями готового продукта является одним из основных условий экономической эффективности работы предприятия. Изменение зернового состава продуктов дробления может осуществляться путем анализа гранулометрического состава непрерывным или циклическим отбором проб или контролем на потоке. Автоматический контроль за гранулометрическим составом готового продукта осуществляется путем взвешивания или с помощью автоматических пробоотбирателей, которые конструируются в составе отсекающего устройства, привода и аппарата, регулирующего режим работы по отбору проб. Наиболее распространены ползунковые пробоотбиратели (скреперы), пересекающие поток материала на ленте.

На рис. 6 дана схема автоматизации технологического процесса сборно-разборной линии по производству нерудных материалов. Автосамосвалы с горной массой подъезжают к приемному бункеру, взвешиваются на автоматических автомобильных весах (ААВ), суммирующих общую массу горной породы, которая перерабатывается за смену. Фиксация автосамосвала относительно приемного бункера осуществляется с помощью конечного выключателя, подающего звуковой или световой сигнал при достижении машиной заданного положения. Приемный бункер питателя 1 оборудован двумя датчиками уровня. При достижении исходным материалом верхнего уровня бункера включается красный сигнал светофора и машины на разгрузку не подаются до тех пор, пока уровень не понизится и не включится зеленый сигнал светофора. По достижении материалом нижнего уровня питатель останавливается и дальнейшая подача материала из бункера в головную дробилку 2 прекращается. В результате этого в бункере всегда остается определенный слой материала, предохраняющий пластины питателя от прямых ударов крупными кусками во время разгрузки автосамосвалов.

Пластинчатый питатель оборудован датчиком негабаритного исходного материала (ДН), сигнал с которого после усиления усилителем (У) подается на исполнительный механизм, сбрасывающий негабарит с питателя в специальный бункер. Технологический пост первичного дробления оборудован устройством, регулирующим равномерную подачу материала в дробилку 2 путем изменения скорости движения питателя, а также его остановку и пуск. Питатель и конвейеры 3, 4, 8, 23, 16 и 18 снабжены датчиками скорости движения и тросовыми аварийными выключателями, обеспечивающими выключение и включение

привода оборудования поточно-транспортной системы с любого места по всей ее длине.





При аварийном отключении одного из механизмов система централизованного автоматического управления отключает все стоящие выше по потоку механизмы. При этом дробилки отключаются только после освобождения камер дробления от материала. Для предотвращения попадания недробимых металлических предметов в машины последующих стадий дробления питатель 1 и конвейеры 3 и 8 оборудуются датчиками наличия металла ДЖ в горной массе, движущейся по транспортному устройству. Сигнал с датчиков ДЖ после усиления передается на мощный электромагнит ЭМ, который отделяет предмет от массы материала. При попадании в массу немагнитных металлических предметов привод конвейера (питателя) отключается датчиком металлоискателя; одновременно отключаются все стоящие выше по потоку механизмы. Работа дробилок 2, 6 и 7 контролируется температурными датчиками, установленными на втулках приводного вала машины. При повышении температуры подшипника выше допустимой (30° С) электрическое сопротивление термодатчика уменьшается и срабатывает тепловое реле, включающее в работу холодильное устройство системы жидкой смазки машины.

Оптимизация технологического процесса осуществляется путем обеспечения заданного соотношения между отдельными фракциями материала с помощью автоматического контроля за гранулометрическим составом продукта дробления. После дробления в роторных дробилках 6 и 7 (в зависимости от режима работы линии А или Б) материал поступает через конвейеры 8 и 12 на грохот 13. После грохочения материал разделяется на две фракции. Нижняя фракция направляется на рассев по конвейерам 23, 14 и 16 через грохоты 15 и 17 в бункера 22, оборудованные затворами 21, а верхняя – на додрабливание через воронку 10, бункера 9 и грохоты 5. Отходы процесса дробления из грохота 17 через классификатор 19 поступают в бункер 20. Контроль за гранулометрическим составом готового продукта осуществляется датчиками ЛТ, расположенными на пути движения материала, сигналы с которых поступают через электроимпульсные счетчики ЭС на электропневматические преобразователи ЭП. Далее через линии задержки ЛЗ сигналы поступают в вычислительное устройство ВУ, куда ранее были введены данные требуемого гранулометрического состава готового продукта. К этому же устройству поступают сигналы от датчиков измерителей мощностей двигателя ИМД дробилок 6 или 7 (в зависимости от работы линии А или Б) и от оборудования агрегата первичного дробления в виде сигналов N и Q. Из ВУ команды управления поступают в электрорегулятор ЭР непосредственно и через блок защиты от помех БЗП. Далее эти команды через преобразователь ПЭ поступают в систему измерения положения отражательных плит роторных дробилок 6 и 7. По этим командам производится автоматическое регулирование угла наклона отражательных плит для изменения

соотношений между отдельными фракциями готового продукта и введения САДЛ в режим оптимальной работы по заранее заданной программе.

Автоматизированный режим работы остальных агрегатов аналогичен описанному выше. Однако, учитывая технологическую связь всех агрегатов САДЛ, работающих в строгой последовательности, необходимо иметь общее вычислительное устройство (ОВУ), расположенное на пульте управления всей технологической линии. ОВУ имеет заранее заданную программу по гранулометрическому составу готового продукта и расходу электроэнергии оборудованием САДЛ.

#### **4. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ ЗАВОДОВ И УСТАНОВОК. ОХРАНА ТРУДА**

При эксплуатации оборудования этих предприятий необходимо выполнять общие требования, относящиеся к любой строительной машине, а также некоторые специфические требования. *К общим требованиям* относятся ежемесячные осмотры машин, при которых особо тщательно проверяют: затяжку всех основных болтовых соединений; крепление подшипников, шкивов, фрикционных муфт и тормозов; наличие масла в системе смазки и смазочных устройствах; исправность концевых выключателей и стопорных устройств, а также состояние герметизирующих устройств всех каналов движения пылевыведяющих материалов. *К специфическим требованиям* относятся контроль за наличием у дробильных машин (кроме ККД) в дробящем пространстве измельчаемого материала, который следует удалить перед началом работы; равномерным поступлением в машины дробящего материала; крупностью поступающих кусков; качеством готового продукта; величиной зазоров разгрузочных отверстий дробильных машин.

У грохотов осуществляется контроль за натяжением сит. При недостаточном натяжении сита быстрее изнашиваются и ухудшается качество грохочения. Работа грохота при слабом натяжении или креплении сит запрещена. При работе моечного оборудования следят за количеством подаваемого материала и воды, чтобы, сохраняя заданную производительность, обеспечивать должную чистоту промывки материала. Удельный расход воды составляет 1...6 м<sup>3</sup>/т материала.

Во время работы оборудования нельзя чистить рабочие поверхности машин, открывать смотровые люки, производить регулировочные операции. Останавливать машины можно только после прекращения подачи в нее материала, переработки в ней оставшегося материала и освобождения от него рабочего органа машины. После остановки машины ее наружные части очищают от пыли и грязи, проверяют состояние узлов, системы смазки, привода.

Главными опасностями для здоровья обслуживающего персонала дробильно-сортировочных предприятий являются повышенная запыленность воздуха, производственные шумы, вибрация и поражение электрическим током. По действующим санитарным нормам запыленность воздуха на рабочих местах не должна превышать  $10 \text{ мг/м}^3$ , а при наличии в пыли более 10% диоксида кремния норма снижается до  $2 \text{ мг/м}^3$ .

Основными источниками пылевыведения на предприятиях переработки каменных материалов являются загрузочные и разгрузочные отверстия дробилок, а также просеивающая поверхность виброгрохотов. Для снижения содержания пыли в воздухе существуют укрытия для дробилок и грохотов, которые представляют собой специальные короба из листовой стали с аспирационным отсосом. Кроме того, применяют различные системы вентиляции (естественная или принудительная) производственных помещений или их обеспыливание гидравлическими брызгальными устройствами.

Постоянно действующие производственные шумы отрицательно влияют на центральную нервную систему человека и вызывают снижение слуха и быструю утомляемость обслуживающего персонала. Уменьшения производственных шумов достигают технологическими и конструктивными мероприятиями, направленными на ослабление шума в источнике его возникновения (замена ударных режимов работы безударными, применение звукопоглощающих материалов для отдельных элементов машины и др.), а также установкой звукопоглощающих кожухов машин. Такие кожухи изготавливают из стальных листов с внутренней облицовкой из войлока, пенополиуретана или шлаковаты и устанавливают на виброизолирующие прокладки из асбеста, войлока или резины.

Для защиты обслуживающего персонала от вибрационных нагрузок осуществляют следующие мероприятия: по возможности исключают в конструкциях машин ударное взаимодействие деталей, заменяют возвратно-поступательное движение деталей вращательным, исключают резонансные явления во время работы, планируют минимальные допуски в сочленениях деталей, исключают неуравновешенность деталей. Ограничение распространения действующих вибронгрузок достигается установкой амортизаторов, прокладок и облицовок из вибропоглощающих материалов и различных типов гасителей колебаний.

Электробезопасность обслуживающего персонала обеспечивается следующими мероприятиями: применением при осмотре и текущем ремонте машин осветительной арматуры и ручных машин напряжением 36 В и ниже; использованием улучшенной изоляции проводов, находящихся под напряжением; ограждением и созданием условий недоступности к электрооборудованию и токоведущим сетям; установкой защитной аппаратуры (автоматических выключателей, реле

напряжения), заземлением элементов электроустановки и установкой предупредительных надписей.

Наиболее универсальным мероприятием, улучшающим условия труда обслуживающего персонала, является автоматизация процессов переработки нерудных каменных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С е р г е е в В.П. Строительные машины и оборудование. – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с.: ил.
2. М а р т ы н о в В. Д., А л е ш и н Н.И., М о р о з о в Б.П. Строительные машины и монтажное оборудование. М.: Машиностроение, 1990.– 352 с.: ил.
3. Б а у м а н В.А., К л у ш а н ц е в Б.В., М а р т ы н о в В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций. М.: Машиностроение, 1981.– 324 с.: ил.
4. Дорожно-строительные машины и комплексы / Под общ. ред. В.И. Баловнева. – М.: Машиностроение, 1988.– 384 с.: ил.
5. М а р т ы н о в В.Д., С е р г е е в В.П. Строительные машины. – М.: Высш. шк., 1970. – 304 с.: ил.
6. В а с и л ь е в А.А. Дорожные машины.– М.: Машиностроение, 1987.– 416 с.: ил.

Учебно-методическое издание

**Владимир Алексеевич Дремук**

**Владимир Михайлович Горелько**

**ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ ЗАВОДЫ И УСТАНОВКИ**

Методические указания к лабораторно-практическим занятиям

Редактор Е. Г. Бутова  
Техн. редактор Н. К. Шапрунова  
Корректор А. М. Павлова

Подписано в печать 25.07.2002.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага для множительных аппаратов.  
Печать ризографическая. Гарнитура "Таймс".  
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,24.  
Тираж 75 экз. Заказ . Цена 2240 руб.

---

Редакционно-издательский отдел БГСХА  
213410, г. Горки Могилёвской области, ул. Студенческая, 2  
Отпечатано на ризографе лаборатории множительных аппаратов  
БГСХА, г. Горки, ул. Мичурина, 5