

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет транспортных коммуникаций
Кафедра «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ И МЕЛИОРАТИВНЫЕ
МАШИНЫ. ЧАСТЬ 2**

для специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные,
дорожные машины и оборудование (по направлениям)»

Минск БНТУ 2020

Перечень материалов

Электронный учебно-методический комплекс состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: конспекта лекций, методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ, вопросов для самоконтроля и списка рекомендуемой литературы. Предложенные материалы являются теоретической основой для изучения учебной дисциплины «Строительные, дорожные и мелиоративные машины. Часть 2» для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (по направлениям)».

Пояснительная записка

Цели ЭУМК

Целью ЭУМК является формирование знаний, умений и навыков для обеспечения рационального ведения механизации работ в дорожном строительстве с характером выполнения рабочих процессов и способом их осуществления с помощью рабочего оборудования и механизмов машин.

Особенности структурирования и подачи учебного материала

ЭУМК включает теоретический раздел (конспект лекций), практический раздел (перечень тем лабораторных и практических работ), раздел контроля знаний и вспомогательный раздел, включающий учебную программу и перечень учебных изданий.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК

Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC – совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	5
1.1 Конспект лекций	5
Раздел I. Машины и оборудование для измельчения и сортировки каменных материалов.....	5
Тема 1.1 Теоретические основы процесса измельчения.....	5
Тема 1.2 Дробилки раздавливающего действия.....	12
Тема 1.3 Дробилки ударного действия.....	20
Тема 1.4 Барабанные мельницы	24
Тема 1.5 Машины для механической сортировки каменных материалов.....	32
Тема 1.6 Машины для воздушной сортировки каменных материалов..	39
Тема 1.7 Машины для гидравлической сортировки каменных материалов.....	43
Тема 1.8 Дробильно-сортировочные заводы и установки.....	48
Раздел II. Машины и оборудования для дозирования компонентов бетонных смесей и растворов, их приготовления и транспортирования..	53
Тема 2.1 Дозаторы	53
Тема 2.2 Теоретические основы процесса перемешивания	59
Тема 2.3 Механическое перемешивание материалов	62
Тема 2.4 Пневматическое и пневмомеханическое перемешивание материалов.....	70
Тема 2.5 Машины и оборудование для транспортирования и подачи бетонных и растворных смесей.....	73
Раздел III. Машины и комплексы для строительства дорожных покрытий	81
Тема 3.1 Установки и заводы для приготовления асфальтобетонных смесей.....	81
Тема 3.2 Машины для постройки асфальтобетонных покрытий	87
Тема 3.3 Машины для постройки цементобетонных покрытий	98
Раздел IV. Техническое обеспечение мелиоративных работ	107
Тема 4.1 Машины для содержания и ремонта каналов	107
Тема 4.2 Машины для скашивания и удаления растительности из каналов	116
Тема 4.3 Машины и оборудование для промывания и ремонта закрытого дренажа.....	126
Тема 4.4 Машины для выполнения эксплуатационно-ремонтных работ способом гидромеханизации	134
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	142
2.1 Методические указания к выполнению лабораторных работ.....	142
2.1.1 Изучение устройства щековых дробилок и определение их технико-эксплуатационных показателей	142
2.1.2 Изучение устройства вибрационных грохотов и определение их основных параметров	147

2.1.3 Изучение устройства комплекта автоматических весовых дозаторов циклического действия	152
2.1.4 Изучение устройства циклических бетоносмесителей гравитационного действия и определение их производительности.....	157
2.1.5 Изучение устройства циклических бетоносмесителей принудительного действия и определение их производительности	162
2.1.6 Изучение устройства асфальтоукладчиков и определение их производительности	166
2.1.7 Изучение устройства дорожных катков и определение их производительности	172
2.2 Перечень тем практических работ	176
3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ	177
3.1 Средства диагностики результатов учебной деятельности	177
3.2 Вопросы для самоконтроля.....	177
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	179
4.1 Учебная программа	179
4.2 Список рекомендуемой литературы	185

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Конспект лекций

Раздел I. Машины и оборудование для измельчения и сортировки каменных материалов

Тема 1.1 Теоретические основы процесса измельчения

1. Физико-механические свойства измельчаемых материалов.
2. Энергоемкость процесса измельчения, основные законы.
3. Стадийность процесса измельчения.
4. Классификация способов и машин для измельчения материалов.

1. Физико-механические свойства измельчаемых материалов

Измельчение — это процесс разрушения (деформирования) твердых тел под действием внешних сил с целью уменьшения кусков до заданной крупности. Измельчение условно разделяется на *дробление* (размер продукта более 5 мм) и *помол* (для этих целей применяются мельницы) (размер продукта менее 5 мм).

При создании и выборе оборудования для измельчения учитываются физико-механические свойства материалов: крупность, прочность, абразивность и др.

Прочность – это свойство горной породы сопротивляться разрушению при возникновении внутренних напряжений, появляющихся от приложения внешней силы. Ее количественным показателем являются пределы прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, растяжении σ_p , изгибе σ_u и др., которые определяются экспериментальным путем разрушения на прессах образцов диаметром 40...50 мм. Чтобы получить точные данные о пределе прочности в испытании участвуют не менее 5 образцов и по результатам испытания берется среднеарифметическое результатов.

По пределу прочности при сжатии горные породы разделяются на следующие типы:

- особо прочные (>250 МПа);
- прочные (150-250 МПа);
- средней прочности (80-150 МПа);
- мягкие (до 80 МПа).

Хрупкость – свойство горной породы разрушаться без заметных пластических деформаций. Количественным показателем хрупкости является число ударов, которые выдерживает образец до разрушения. Испытание на хрупкость производится, с помощью строительного оборудования - на специальном стенде путем сбрасывания гири массой 2 кг на образец, падающей каждый раз с высоты, на 1 см превышающей предыдущую.

По хрупкости породы подразделяются на следующие типы:

- очень хрупкие (до 2 ударов);
- хрупкие (2 – 5 ударов);
- вязкие (5 – 10 ударов);
- очень вязкие (>10 ударов).

Абразивность – способность перерабатываемого материала изнашивать рабочие органы машины. Выражают ее в граммах износа эталонных бил, отнесенных к 1 т перерабатываемого материала.

Показатель абразивности определяют при окружной скорости ротора прибора (модель роторной дробилки) равной 30 м/с. Горные породы в зависимости от абразивности делятся на 5 классов и 10 категорий абразивности, показатель абразивности которых изменяется от 1 до 500 и более г/т.

2. Энергоемкость процесса измельчения, основные законы

Процесс дробления зависит от большого числа факторов: физико-механических свойств измельчаемого материала, состояния поверхности кусков, величины и формы кусков, формы дробящих органов машины, взаимного расположения кусков и дробящих органов и др.

В настоящее время нет единой универсальной теории измельчения. Существует несколько законов (теорий) измельчения:

1) *Закон поверхностей*, предложенный П. Риттингером в 1867 г. Согласно данному закону, работа, расходуемая на измельчения материала прямо пропорциональна вновь образованной поверхности:

$$A = k_R \cdot D^2 ,$$

где D – средневзвешенный размер исходного куска кубической формы, м;

k_R – коэффициент пропорциональности между затраченной работой и вновь образованной поверхностью (определяется экспериментально для каждого вида материала, типа дробилки и др. условий, что снижает практическую ценность данной формулы).

Закон Риттингера применим для приближенного определения полной работы только в случае с большими степенями измельчения, т. е. при измельчении в мельницах, так как им учитывается лишь работа, затрачиваемая на образование новых поверхностей.

2) *Закон объемов*, предложенный В.Л. Кирпичевым в 1874 г. и чуть позже Ф. Киком в 1885 г. Согласно второму закону измельчения или закону объемов Кирпичева-Кика работа измельчения пропорциональна объему или весу измельчаемого куска материала, т. е.

$$A = k_K \cdot D^3 ,$$

где k_K – коэффициент пропорциональности;

D – диаметр разрушаемого куска кубической формы, м.

По закону Кирпичева-Кика полную работу измельчения можно определить приближенно лишь для случая крупного дробления с малой степенью дробления, так как им учитывается только работа на деформацию.

Таким образом, для процесса дробления, когда величина образуемых поверхностей относительно невелика, наиболее приемлем закон объемов. Для процесса помола материала, когда интенсивно образуются новые поверхности, более приемлем закон поверхностей.

3) *Закон академика П.А. Ребиндера (1940 г)*. Суть закона заключается в том, что при деформации твердых тел происходит накопление внутренней энергии, которая при достижении критического значения приводит к его разрушению. Ребиндером предложена формула, объединяющая работу на деформацию кусков и образование новых поверхностей:

$$A = k_1 \cdot D^3 + k_2 \cdot D^2,$$

где k_1, k_2 – коэффициенты пропорциональности.

4) *Закон Ф. Бонда*, предложенный в 1951 г. Он представляет собой объединение первых двух законов:

$$A = k_B D^{2.5},$$

где k_B – коэффициент пропорциональности.

При измельчении энергия затрачивается на преодоление межкристаллических, внутрикристаллических и молярных сил. При дроблении она затрачивается в основном на преодоление межкристаллических сил. Установлено, что непосредственно на разрушение кусков материала расходуется незначительная часть энергии. Большая ее часть тратится на трение в механизмах машин, нагревание материала и др. КПД дробилок находится в пределах 20÷40%.

Эффективность работы дробилок оценивается расходом энергии (кВт·ч/т) и выражается формулой:

$$\mathcal{E} = E/G,$$

где E – затраты энергии на измельчение материала, кВт·ч;

G – масса измельченного материала, т.

На основании законов измельчения были выведены формулы для расчета мощности электродвигателя дробилок и мельниц.

3. Стадийность процесса измельчения

Каждой конструкции дробильной машины при максимальной ее производительности соответствует оптимальная степень измельчения (например,

для щековых и конусных крупного дробления $i = 3-7$). И если следует раздробить породу, добываемую в карьере, со средним размерам кусков 1 м до размера кусков 5-40 мм, с которым она поступает на помол, то степень измельчения должна составить $i = 1000/(5 \div 40) = 25-200$.

В этом случае дробление проводится в несколько стадий, т. е. последовательно устанавливают ряд дробильных машин, различных по конструкции и техническим характеристикам. При этом постепенно переходят от крупного к среднему и затем мелкому дроблению. Благодаря этому измельчение происходит более эффективно и при меньших затратах энергии. Из измельчаемого материала все время должна удаляться фракция готового продукта, которая в случае ее невыделения распределяется между крупными кусками, повышает упругость измельчаемой массы, увеличивает циркуляционную нагрузку на дробилку, снижает ее производительность, приводит к перерасходу энергии.

Применяют в зависимости от исходных размеров кусков и характеристики материалов одно-, двух-, трех- стадийные схемы дробления.

Наиболее эффективным и распространенным является двухстадийное дробление. Для первичного (крупного) дробления сырьевых материалов применяют щековые и конусные дробилки, для вторичного – валковые, молотковые и конусные дробилки.

Общая степень дробления будет равна произведению степеней, достигнутых на каждой стадии дробления:

$$i_{\text{общ}} = i_1 \cdot i_2$$

В зависимости от крупности дробимого материала и дробленого продукта различают следующие стадии дробления:

первая стадия – крупное дробление ($D_{\text{cp}}=300...1500$ мм; $d_{\text{cp}}=100...300$ мм), вторая стадия – среднее дробление ($D_{\text{cp}}=100...300$ мм; $d_{\text{cp}}=40...100$ мм), третья стадия – мелкое дробление ($D_{\text{cp}}=40...100$ мм; $d_{\text{cp}}=5...40$ мм).

4. Классификация способов и машин для измельчения материалов

Большое разнообразие физико-механических свойств материалов вынуждает при их измельчении использовать огромное число различных технологических схем и применять при их переработке различные методы. Измельчить твердый материал до частиц желаемого размера можно раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, истиранием, ударом и различными комбинациями этих способов (рисунок 1).

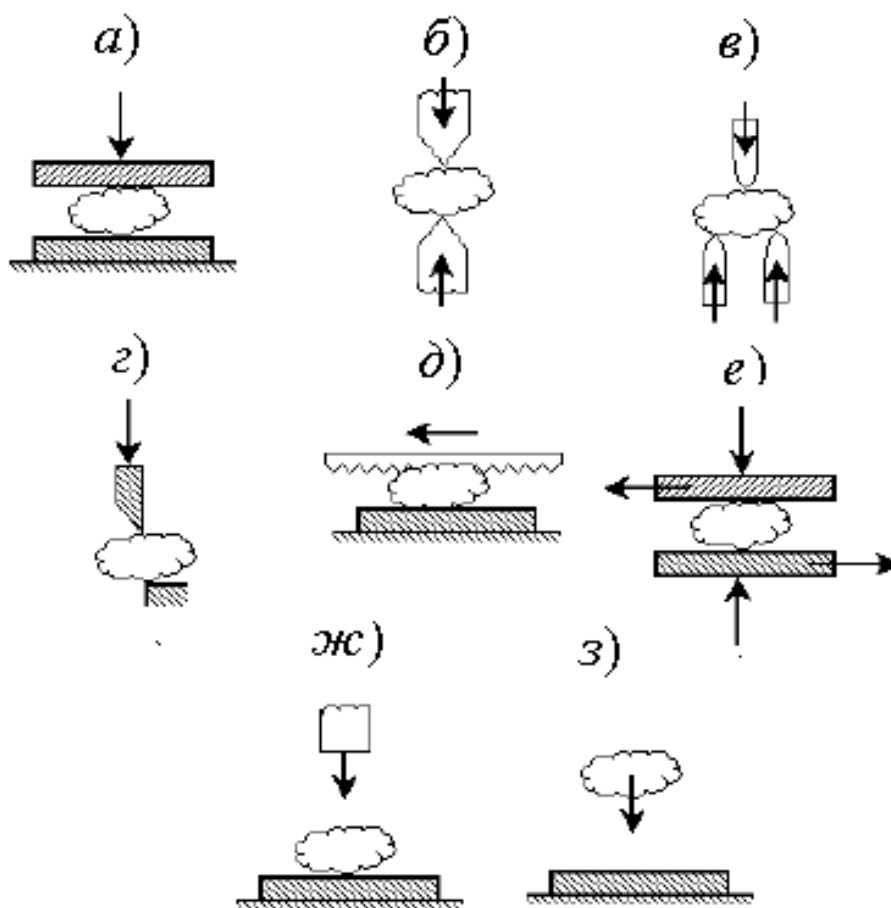


Рисунок 1 – Способы измельчения:

а – раздавливание; б – раскалывание; в – разламывание; г – резание; д – распиливание; е – истирание; ж – стесненный удар, з – свободный удар

Раздавливание (рисунок 1, а) – тело под действием нагрузки деформируется по всему объему и, когда внутреннее напряжение в нем превысит предел прочности сжатию, разрушается. В результате такого разрушения получают частицы различного размера и формы.

Раскалывание (рисунок 1, б) – тело разрушается на части в местах концентрации наибольших нагрузок, передаваемых клинообразными рабочими элементами измельчителя. Образующиеся при этом частицы более однородны по размерам и форме, хотя форма, как и при раздавливании, непостоянна. Способ раскалывания по сравнению с раздавливанием позволяет регулировать крупность получаемых частиц. Раскалывание применяют для получения кусковых материалов

Разламывание (рисунок 1, в) – тело разрушается под действием изгибающих сил. Размеры и форма частиц, получающихся при разламывании примерно такие же, как и при раскалывании.

Резание и распиливание (рисунок 1, г, д) – тело делится на части заранее заданных размеров и формы. Процессы полностью управляемые.

Истирание (рисунок 1, е) – тело измельчается под действием сжимающих, растягивающих и срезающих сил, в результате чего получают мелкий порошкообразный продукт. При этом увеличиваются расход энергии и износ рабочих элементов измельчителя.

Удар (рисунок 1, ж) – тело распадается на части под действием динамической нагрузки. При сосредоточенной нагрузке получается эффект, подобный тому, что происходит при раскалывании, а при распределении нагрузки по всему объему эффект разрушения аналогичен раздавливанию. Различают разрушение тела стесненным и свободным ударом. При *стесненном ударе* (рисунок 1, ж) тело разрушается между двумя рабочими органами измельчителя. Эффект такого разрушения зависит от кинетической энергии ударяющего тела. При *свободном ударе* (рисунок 1, з) разрушение тела наступает в результате столкновения его с рабочим органом измельчителя или другого тела в полете. Эффект такого разрушения определяется скоростью столкновения независимо от того, движется разрушаемое тело или рабочий орган измельчителя.

Из перечисленных способов пригодными для промышленного измельчения оказались раздавливание, раскалывание, разламывание, истирание и удар. Выбор способа измельчения осуществляется в зависимости от свойств сырьевого материала, а также от исходного и конечного размера его кусков. Например, для твердых и хрупких используют раздавливание в сочетании с раскалыванием и (или) изгибом, а для мягких и вязких предпочитают истирание с раздавливанием и (или) изгибом.

Машины, применяемые для этих процессов, разделяют на дробилки и мельницы (рисунок 3).

По принципу действия различают следующие разновидности дробилок (рисунок 2):

1. *Щековые* (рисунок 2, а), в которых материал измельчается за счет раздавливания, раскалывания и частичного истирания в пространстве между двумя щеками при их периодическом сближении.
2. *Конусные* (рисунок 2, б), в которых материал измельчается раздавливанием, изломом, частичным истиранием между двумя коническими поверхностями, одна из которых движется эксцентрично по отношению к другой, осуществляя тем самым непрерывное дробление материала.
3. *Валковые* (рисунок 2, в), в которых материал раздавливается между двумя валками, вращающимися навстречу один другому. Нередко валки вращаются с разной частотой и тогда раздавливание материала сочетается с его истиранием.
4. *Ударного действия*, которые, в свою очередь, разделяются на *молотковые* (рисунок 2, г) и *роторные* (рисунок 2, д). В молотковых дробилках материал измельчается в основном ударом по нему шарнирно подвешенных молотков, а также истиранием. В роторных дробилках дробление достигается в результате удара по материалу жестко закрепленных к ротору бил, удара материала об отражательные плиты и ударов кусков материала один о другой.

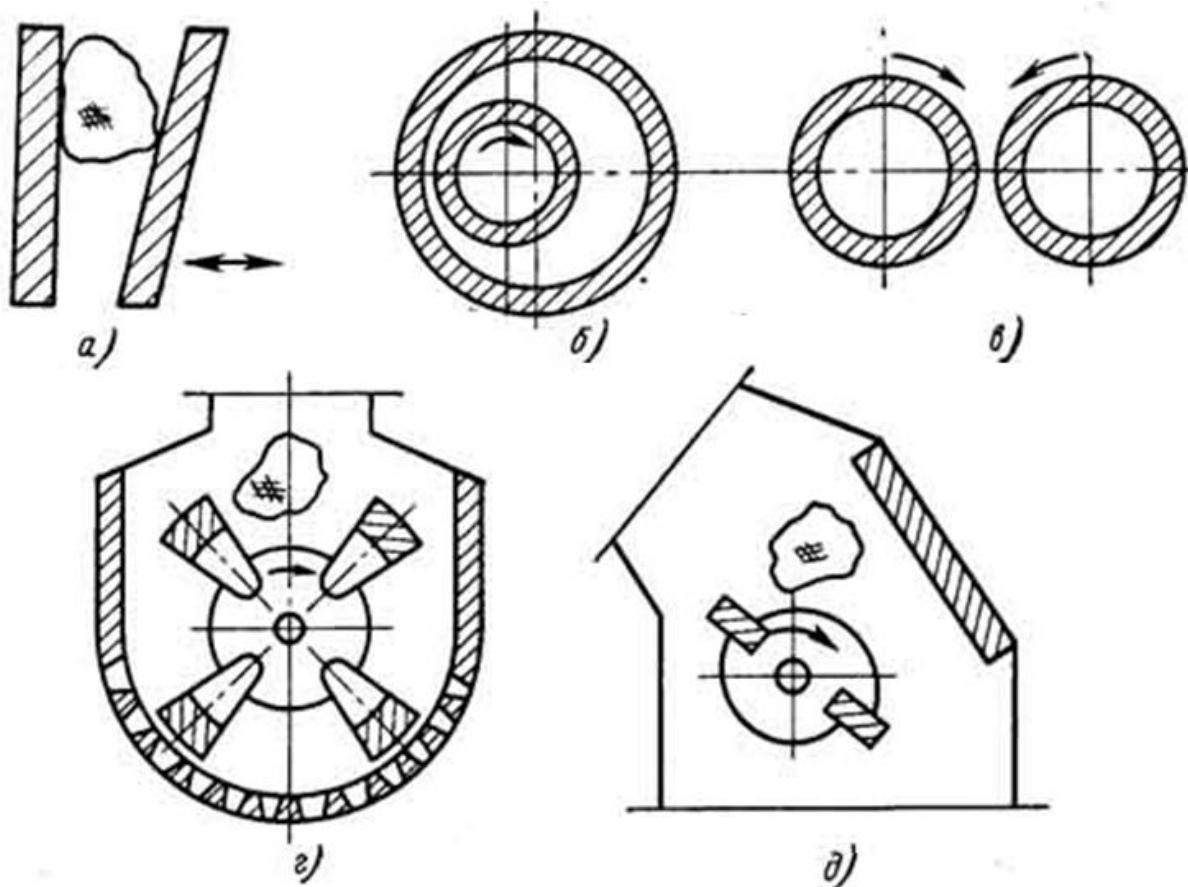


Рисунок 2 – Разновидности дробилок:
 а – щековая; б – конусная; в – валковая; г – молотковая; д – роторная

По принципу действия различают следующие разновидности дробилок (рисунок 3):

1) *барабанные* (рисунок 3, а-в), в которых материал измельчается во вращающемся (а) или вибрирующем (б) барабане при помощи загруженных в барабан мелющих тел, или без мелющих тел ударами и истиранием частиц материала один о другой и о футеровку барабана (в);

2) *среднеходные роlikо-маятниковые* (рисунок 3, г), в которых ролик прижимается центробежной силой к борту чаши и измельчает материал, попадающий между бортом и роликом;

3) *ударные* (рисунок 3, д), в которых материал измельчается ударами шарнирных (шахтные мельницы), или жестко закрепленных (аэробильные мельницы) молотков. Продукт, достигший определенной тонины помола, выносятся из зоны действия молотков воздушным потоком;

4) *струйные* (рисунок 3, е), где материал измельчается в результате трения и соударения частиц материала одна о другую, а также о стенки камеры при движении частиц воздушным потоком большой скорости.

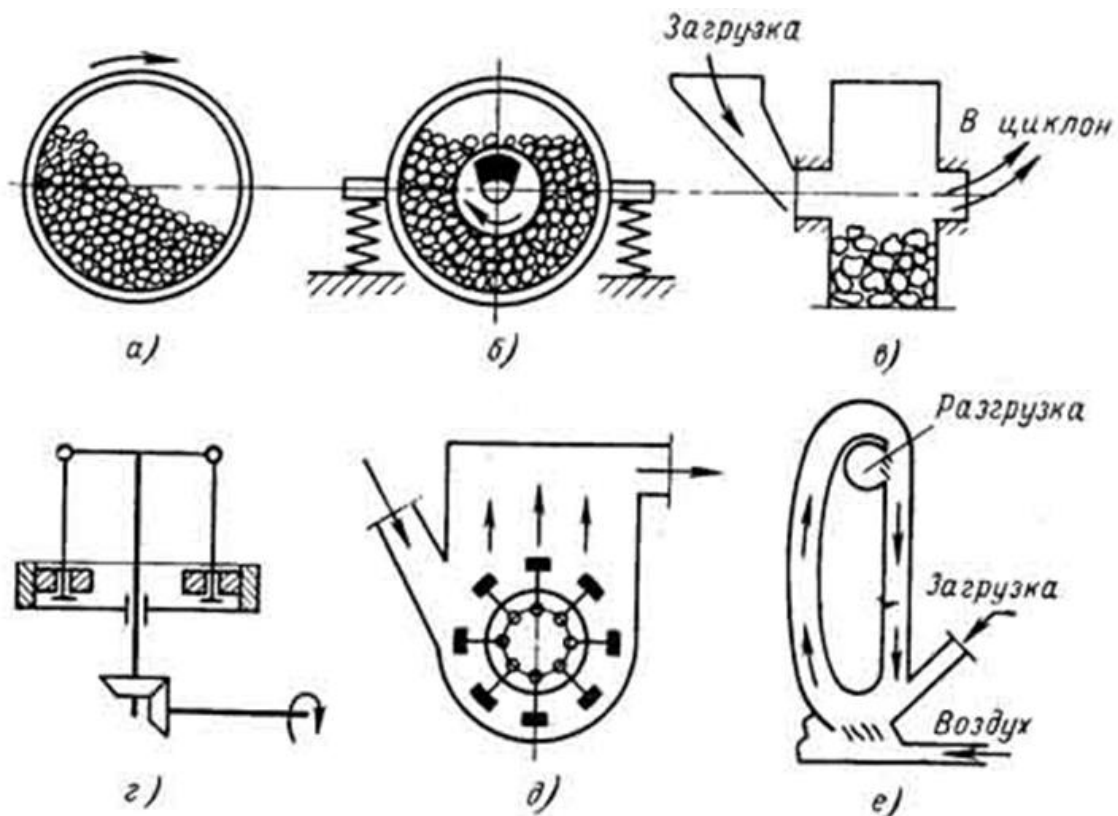


Рисунок 3 – Разновидности дробилок:
 а-в – барабанные; г – среднеходные ролико-маятниковые; д – ударные; е – струйные

Некоторые измельчающие машины (бегуны и дезинтеграторы) можно отнести к дробилкам и к мельницам, так как они применяются и для грубого помола, и для мелкого дробления.

Перечисленные способы измельчения, несмотря на их значительное количество, относятся по принципу действия к методу механического измельчения при непосредственном воздействии рабочего органа на измельчаемый материал или частиц материала одна на другую. Разрабатываются методы измельчения материалов, основанные на других физических явлениях, а именно: при помощи электрогидравлического эффекта (высоковольтный разряд в жидкости), ультразвуковых колебаний, быстросменяющихся высоких и низких температур, лучей лазера, энергии струй воды и др.

Тема 1.2 Дробилки раздавливающего действия

1. Щековые дробилки: назначение, разновидности, устройство и принцип работы.
2. Конусные дробилки: назначение, разновидности, устройство и принцип работы.
3. Валковые дробилки: назначение, разновидности, устройство и принцип работы.

1. Щековые дробилки: назначение, разновидности, устройство и принцип работы

Щековые дробилки — это машины, применяемые чаще всего для крупного и среднего дробления особо прочных пород ($\sigma_{сж} \leq 300$ МПа), т.е. способны разрушать нерудные материалы практически всех разновидностей. Главным их параметром является размер приемного отверстия камеры дробления, образуемой подвижной и неподвижной щеками.

Щековые дробилки по характеру движения подвижной щеки, являющейся основным рабочим органом дробилки, бывают с простым и сложным движением щеки (рисунок 1).

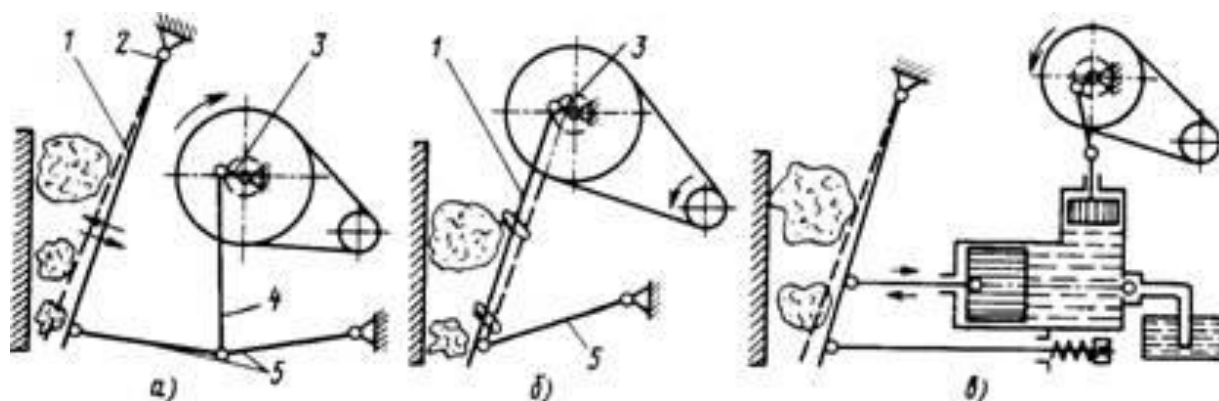


Рисунок 1 – Кинематические схемы щековых дробилок:

- а) с простым движением подвижной щеки; б) со сложным движением подвижной щеки;
в) со сложным движением подвижной щеки и с гидравлическим передаточным механизмом

В дробилках с простым движением щеки (ЩДП) 1 (рисунок 1, а) последняя подвешена на оси 2. Щека совершает качательные движения по дуге окружности, которые ей сообщает вращающийся эксцентриковый вал 3, через шатун 4 и распорные плиты 5. Материал дробится при сближении щек, а при удалении их друг от друга куски материала опускаются вниз и, если их размеры меньше ширины выходной щели, выпадают из камеры. Затем цикл повторяется. В ЩДП материал измельчается раздавливанием и, частично, изломом и раскалыванием, поскольку на обеих щеках установлены дробящие плиты с рифлениями в продольном направлении.

В дробилках со сложным движением щеки (ЩДС) рычажный механизм имеет более простую схему (рисунок 1, б). Эксцентриковый вал 3 непосредственно соединен с шатуном, являющимся подвижной щекой 1 дробилки. Нижним концом щека шарнирно опирается на распорную плиту 5. Щека совершает сложное движение, по траектории напоминающей эллипс. Вследствие этого в ЩДС материал измельчается как раздавливанием, так и истиранием, что облегчает процесс дробления вязких материалов.

Конструкция ЩДП позволяет создавать относительно большие нагрузки на измельчаемый материал, чем в ЩДС, при одинаковых вращательных моментах на приводных валах. Это особенно важно при дроблении больших кусков прочных материалов. Существенным недостатком ЩДП является малый ход сжатия в верхней части камеры дробления. Для ЩДС характерен значительный износ дробящих плит. Однако конструкция ЩДС, в целом, более проста и менее металлоемка.

Типовая конструкция щековой дробилки для крупного дробления с простым движением щеки показана на рисунке 2.

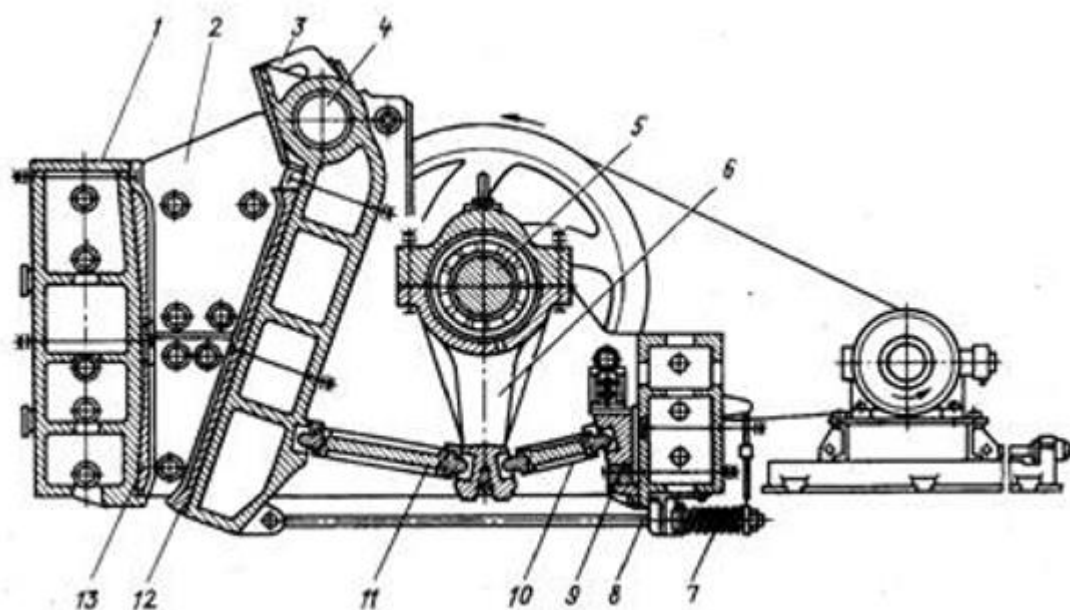


Рисунок 2 – Конструкция щековой дробилки с простым движением щеки

Подвижная щека 3, ось 4 которой установлена в подшипниках скольжения, закрепленных на боковых стенках станины 7, получает качательные движения через распорные плиты 10 и 11 от шатуна 6, подвешенного на эксцентричной части вала 5, приводимого во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу. Рабочие поверхности щек футеруют сменными дробящими плитами 12 и 13, изготавливаемыми из износостойкой стали Ст110Г13Л. Боковые стенки камеры дробления также облицованы сменными плитами 2. Рабочую поверхность дробящей плиты, как правило, изготавливают рифленой и реже (для первичного дробления) гладкой. От продольного профиля плит зависят условия захвата кусков и гранулометрический состав материала. Циклический характер работы щековых дробилок (максимальное нагружение при сближении щек и холостой ход при их расхождении) создает неравномерную нагрузку на двигатель. Для выравнивания нагрузки на приводном валу устанавливают маховик и шкив-маховик. Маховики «аккумулируют» энергию при холостом ходе и отдают ее при ходе сжатия.

В процессе эксплуатации возникает необходимость регулировать ширину выходной щели камеры дробления. В крупных дробилках для этого устанавливают разные по толщине прокладки между упором 9 и задней стенкой станины. Гарантированное замыкание звеньев механизма привода подвижной щеки осуществляется пружиной 7 и тягой 8.

В конструкциях современных дробилок предусматривается установка самовосстанавливающихся после срабатывания устройств, предохраняющих элементы машины от поломок при попадании в них «недробимых» предметов. На практике применяют следующие варианты предохранительных устройств: подпружиненный рычаг, шарнирно соединенный с подвижной щекой; пружина в сочетании с распорной плитой; пружина в сочетании с рычагом и распорной плитой и т.д. На рисунке 3 показана схема предохранительного устройства, совмещенного с распорной плитой.

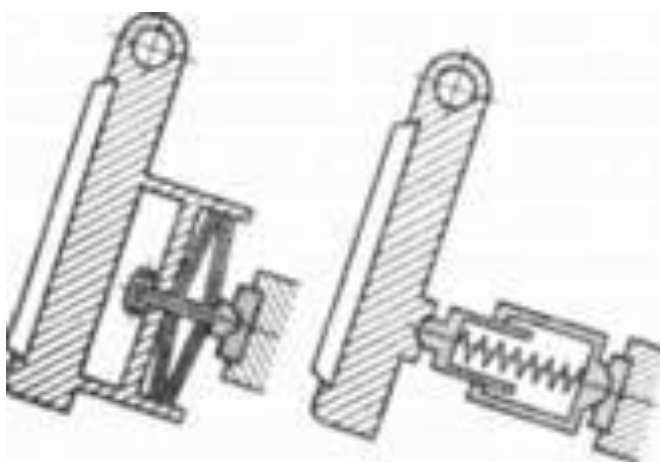


Рисунок 3 – Схема пружинного предохранительного устройства щековой дробилки

Жесткость пружины должна обеспечивать работу дробилки при нормальных нагрузках. При попадании в машину недробимых предметов пружины сжимаются на величину, необходимую для проворачивания эксцентрикового вала при остановившейся подвижной щеке.

2. Конусные дробилки: назначение, разновидности, устройство и принцип работы

Предназначены для крупного, среднего и мелкого дробления горных пород большой и средней прочности. В них материал разрушается в камере дробления, образованной двумя коническими поверхностями, из которых одна (внешняя) неподвижная, а другая (внутренняя) подвижная.

В зависимости от назначения разделяют следующие разновидности конусных дробилок:

1) Для крупного дробления (ККД) (рисунок 4, а), в которых можно дробить куски материала размером 400-1200 мм; размер выходной щели 75-300 мм, производительность 150-2600 м³/ч;

2) Для среднего дробления (КСД) (рисунок 4, б), в которых можно дробить куски материала размером 75-300 мм; размер выходной щели 10-90 мм, производительность 19-580 м³/ч.

3) Для мелкого дробления (КМД) (рисунок 4, б), в которых можно дробить куски материала размером 40-110 мм, размер выходной щели 3-20 мм, производительность 24-180 м³/ч.

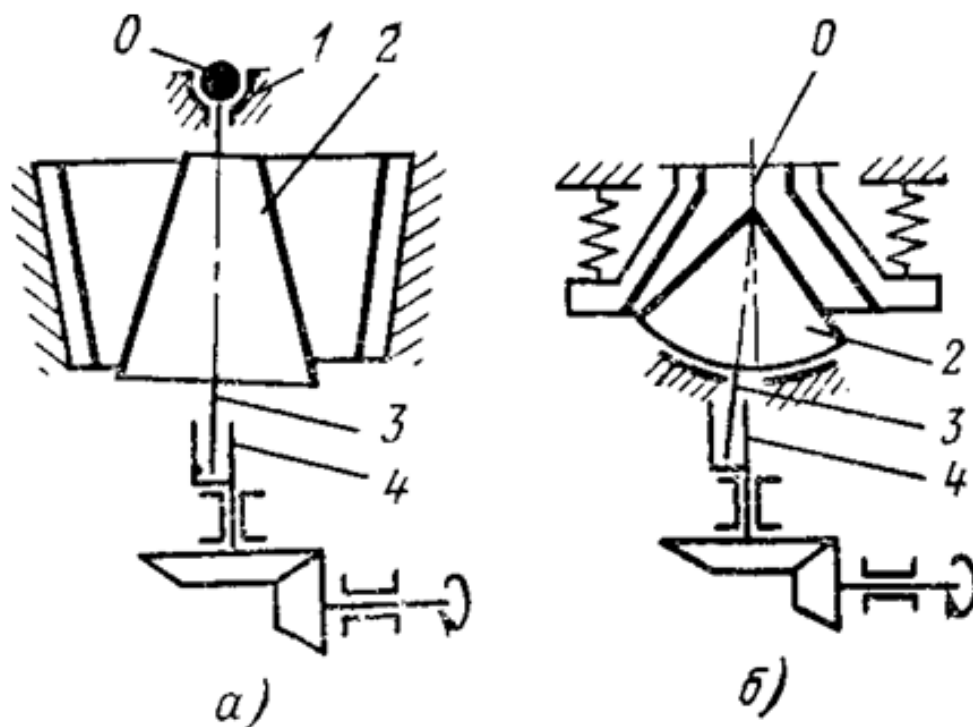


Рисунок 4 – Кинематические схемы конусных дробилок:
а – крупного дробления; б – среднего и мелкого дробления;
1 – ось подвеса подвижного конуса; 2 – подвижный конус;
3 – вал; 4 – эксцентриковая втулка

При работе конусной дробилки ось вала описывает коническую поверхность с вершиной в точке O , при этом рабочая поверхность подвижного конуса поочередно приближается к неподвижному конусу, а затем удаляется от него, благодаря чему осуществляется непрерывное дробление материала за счет раздавливания и истирания. Таким образом, конусная дробилка работает так же, как щековая. Отличие состоит в том, что дробление в конусной дробилке происходит непрерывно, т. е. в любой момент времени происходит сближение какого-либо участка поверхности подвижного конуса с неподвижным и дробление материала в этом месте, в то время как на диаметрально противоположной стороне подвижный конус отходит от неподвижного.

В дробилках КСД и КМД максимальное усилие сжатия материала в камере дробления зависит от упругой силы амортизационных пружин, выполняющих функцию предохранительного устройства. Т. е. если усилия дробления превышают расчетные, например, при попадании в рабочую камеру недробимых предметов, то пружины дополнительно сжимаются, неподвижный конус

приподнимается, выходная щель увеличивается и недробимый предмет выходит из дробилки.

Основные достоинства дробилок КСД и КМД – большая производительность, большая степень дробления, наличие предохранительного устройства от поломок и равномерная загрузка. Недостатки – очень сложное устройство, что осложняет их ремонт и обслуживание; неудовлетворительная работа на глинистых и вязких рудах, которые быстро забивают разгрузочные отверстия

По принципу действия и конструкции дробилки КМД аналогичны дробилкам КСД и различаются лишь формой камеры дробления, т. е. профилями дробящих конусов (рисунок 5, а, б).

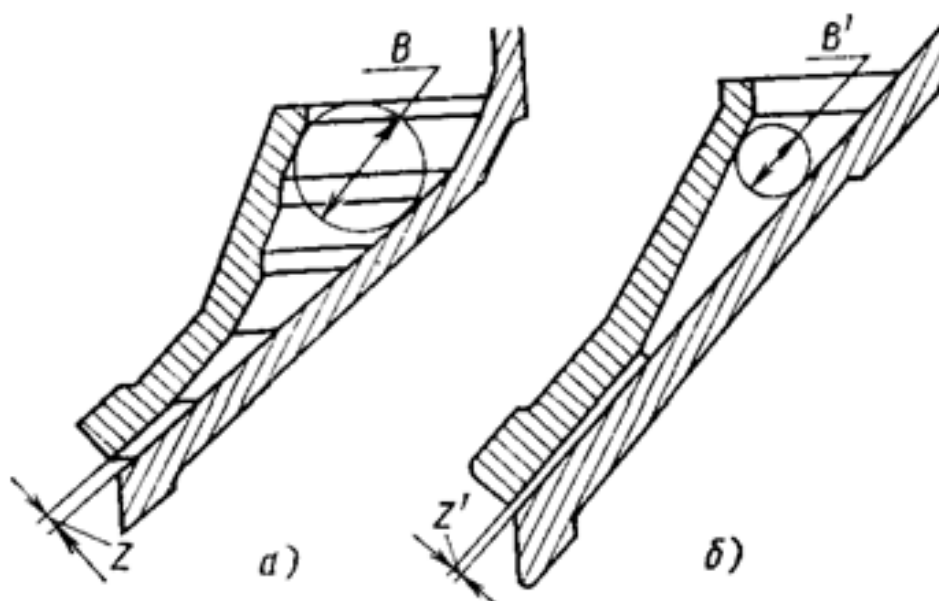


Рисунок 5 – Камеры дробления конусных дробилок:
а – для среднего дробления; б – для мелкого дробления

Камеры дробления дробилок КМД (рисунок 5, б) принимают меньшие по размеру куски и при одинаковом размере выходной щели выдают более мелкий продукт, чем камеры дробления дробилок КСД (рисунок 5, а). Это достигается особой формой камеры с более длинной параллельной зоной, при движении по которой материал, подвергается неоднократному сжатию до размера выходной щели z' .

В конусных дробилках в качестве амортизирующих устройств могут использоваться гидравлические и гидропневматические системы, которые одновременно регулируют размер выходной щели. В дробилках КСД и КМД щель необходимо часто регулировать для компенсации износа конусов и поддержания постоянной крупности готового продукта. В связи с этим устройства для регулирования щели в конусных дробилках должны обеспечивать минимальную трудоемкость процесса регулирования, безопасность и простоту в эксплуатации, возможность дистанционного и автоматического управления.

3. Валковые дробилки: назначение, разновидности, устройство и принцип работы

Предназначены для вторичного дробления, т. е. среднего и мелкого дробления материалов средней ($\sigma_{сж} = 80 \div 150$ МПа) и слабой ($\sigma_{сж} \leq 80$ МПа) прочности.

Валковые дробилки классифицируют по следующим признакам:

– количеству валков: с одно-, двух-, трех-, четырех-, пяти-, шести- и даже восемью валками.

– конструкции валков: с гладкими, рифлеными, ребристыми и зубчатыми валками, причем сочетание валков с разной дробящей поверхностью может быть различным (например, оба гладких валка; один имеет гладкую, другой рифленую и т. д. поверхности).

В основном на предприятиях строительных материалов применяют двухвалковые дробилки с парой подвижных и парой неподвижных подшипников с гладкими или рифлеными валками для материалов средней прочности и зубчатыми валками для хрупких и мягких материалов. Диаметр валков D обычно составляет 400-1500 мм, а длина $L = (0,4-1,0)D$.

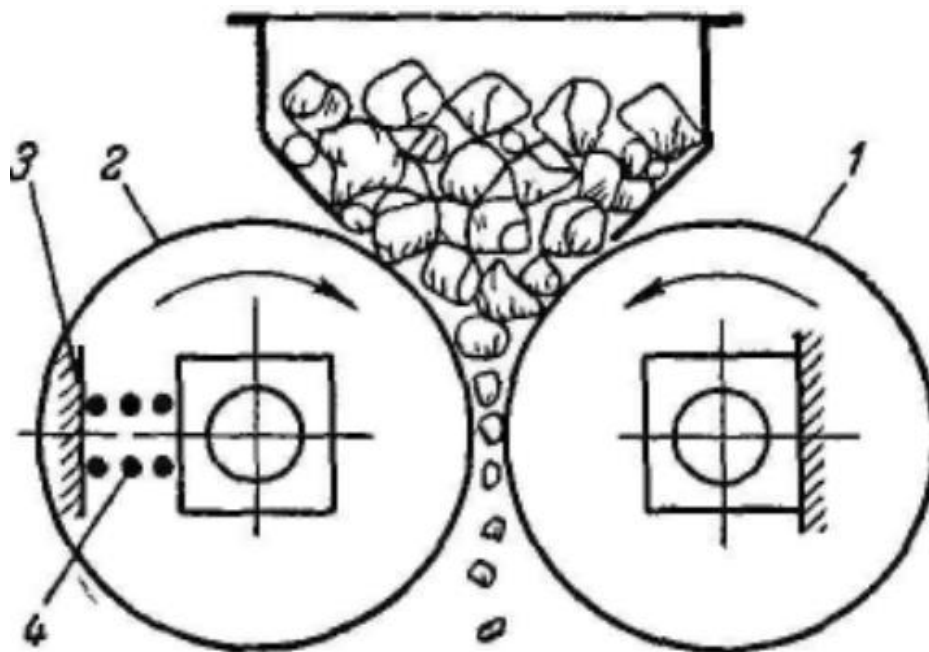


Рисунок 6 – Схема валковой дробилки:
1, 2 – валки; 3 – корпус; 4 – пружина

Исходный материал поступает в приемное отверстие валковой дробилки и затягивается парой вращающихся навстречу друг другу цилиндрических валков 1 и 2 в зазор между ними и дробится в основном путем раздавливания. Валки размещены на подшипниках в корпусе 3, причем валок 1 вращается в неподвижно установленных подшипниках, а валок 2 — в скользящих подшип-

никах, которые удерживаются в заданном положении (в зависимости от требуемой ширины зазора) с помощью пружины 4. При попадании в дробилку недробимых предметов подвижный валок отходит от неподвижного и предмет выпадает из дробилки (при этом устраняется возможность ее поломки). Валки обычно изготавливаются из чугуна и футеруются по внешней поверхности бандажами из углеродистой или износостойкой марганцовистой стали (110Г13Л). Их окружная скорость составляет 2 – 4,5 м/сек. Обычно приводной механизм валковой дробилки состоит из двух ременных передач и отдельных двигателей.

При одинаковом диаметре рифленые и зубчатые валки могут захватывать более крупные куски материала, чем гладкие. Так, если D – диаметр валка, d – диаметр куска материала, то при дроблении пород средней прочности соотношение D/d для гладких валков составляет 17-20, а для рифленых и зубчатых 2-6.

Таким образом дробление в валковой дробилке осуществляется за счет раздавливания (при одинаковой скорости валков), раздавливания и истирания (при разной скорости валков), а также за счет раздавливания, истирания, раскалывания и частичного удара, что зависит от конструкции валков и их скоростей.

В промышленности строительных материалов для переработки глиняной массы и удаления из нее камней используются дезинтеграторные (камене-выделительные) вальцы (рисунок 7).

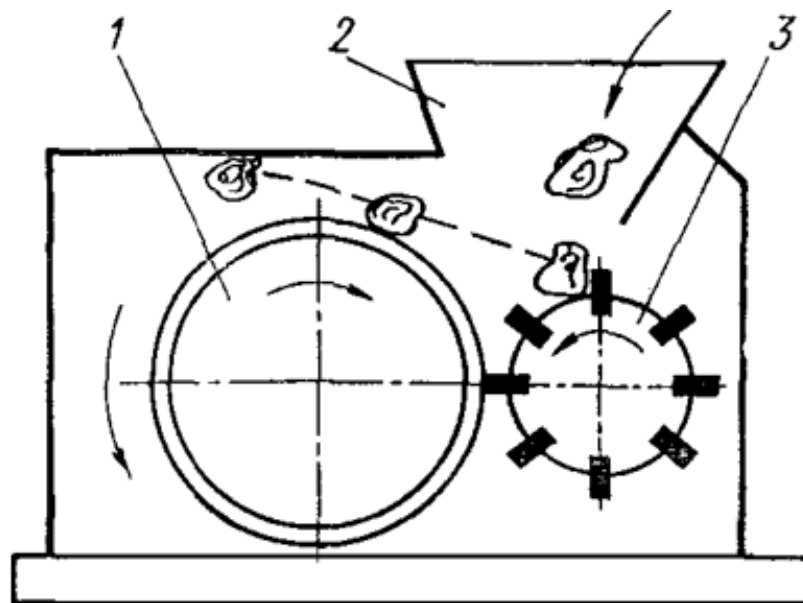


Рисунок 7 – Схема дезинтеграторных валцов

Они состоят из двух валков, из которых валок 1 большего диаметра имеет гладкую поверхность, а на рабочей поверхности валка 3 меньшего диаметра предусмотрены ребра высотой 8-10 мм. Ребристый и гладкий валок вращаются соответственно с частотой вращения 500-600 и 50-60 об/мин.

Исходный материал загружается в воронку 2 и попадает на быстроходный валок. Комок глины, ударяясь о ребро валка, деформируется, теряет скорость и затягивается в зазор между валками. Твердые включения, например камни, будут отбрасываться ребрами валка и попадать в отводный лоток. Таким образом, в дезинтеграторных вальцах измельчение глины сочетается с ее очисткой от твердых примесей.

В валковых дробилках в основном изнашивается средняя часть рабочей поверхности валков, в результате чего крупность дробленого продукта получается неравномерной. Поэтому на некоторых дробилках предусмотрены устройства, равномерно распределяющие по длине валков исходный материал, а также приспособления для проточки поверхности валков во время ремонтов. Степень дробления i в двухвалковой дробилке составляет:

– в дробилке с гладкими валками $i = 4-6$ для твердых пород и $i = 6-12$ для влажных глин и мягких пород;

– для дробилки с зубчатыми валками $i = 6-8$.

Производительность валковых дробилок может составлять от 3 до 700 т/ч.

Достоинства валковых дробилок:

– удобны для измельчения влажных и вязких материалов (глина), т. к. позволяют устанавливать скребки для снятия с валков налипшего материала;

– позволяют предусматривать устройства для равномерного распределения материала на валках (для исключения неравномерного износа поверхностей), а также приспособления для проточки поверхности валков.

Недостатки: менее эффективны, чем щековые и конусные дробилки, при дроблении твердых материалов.

Тема 1.3 Дробилки ударного действия

1. Назначение и разновидности дробилок ударного действия.

2. Конструкция, принцип работы, преимущества и недостатки молотковых и роторных дробилок.

1. Назначение и разновидности дробилок ударного действия

Предназначены для крупного, среднего и мелкого дробления в основном малоабразивных материалов малой и средней прочности ($\sigma_{сж} < 200$ МПа).

В СНГ дробилки выпускаются двух типов:

– крупного дробления (ДРК), рассчитанные на прием кусков размером 0,3-0,6 диаметра ротора;

– среднего и мелкого дробления (ДРС): среднего дробления – для кусков размером 0,1-0,3 диаметра ротора и мелкого дробления – для кусков размером до 0,1 диаметра ротора.

Главными параметрами дробилок являются диаметр и длина ротора, которые входят в их условное обозначение. Например, ДРК 20×16, где $D = 2000$ мм, $L = 1600$ мм. У ДРК $D / L > 1$, у ДРС $D = L$.

По конструктивному исполнению основного узла машины – ротора дробилки ударного действия разделяют на *роторные* и *молотковые*. *Роторные дробилки* имеют массивный ротор, на котором жестко закреплены сменные била из износостойкой стали. Дробилки с таким ротором можно применять для дробления крупных кусков сравнительно прочных материалов, т.е. для первичного дробления, а также на последующих стадиях. Дробимый материал получает удары от всей массы ротора и именно это определяет особенности и название дробилки. В *молотковых дробилках* дробление осуществляется за счет удара молотков, шарнирно закрепленных на роторе. Особенности этих машин определяются конструкцией молотков и поэтому они названы молотковыми.

Таким образом, в дробилках ударного действия материал измельчается в результате удара бил или молотков, а также за счет соударения кусков один о другой, удара о футеровку камеры дробления, а также под действием центробежных сил.

Разнообразие дробилок ударного действия обусловлено их назначением (рисунок 1).

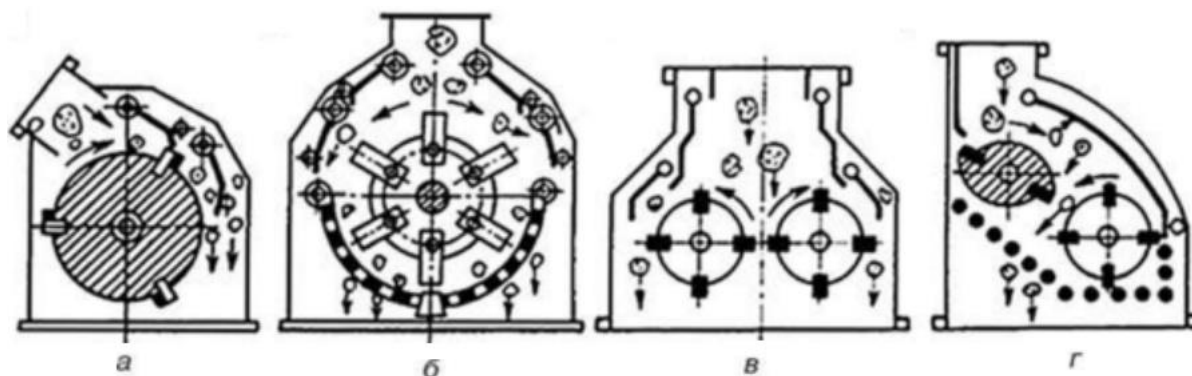


Рисунок 1 – Схемы дробилок ударного действия:

а – однороторная; *б* – молотковая; *в* – двухроторная одноступенчатого дробления; *г* – двухроторная двухступенчатого дробления

Наиболее распространенными являются *однороторные дробилки* (рисунок 1, *а*). *Двухроторные дробилки одноступенчатого дробления* (рисунок 1, *в*) используют при необходимости получения большой производительности. Оба ротора дробилки работают самостоятельно, а исходный материал поступает равномерно на оба ротора. *Двухроторные дробилки двухступенчатого дробления* (рисунок 1, *г*) используют, когда необходимо совместить две стадии дробления. В этих дробилках дробимый материал поступает сначала на первый ротор, а затем на второй. В *молотковых дробилках* (рисунок 1, *б*) процесс дробления определяется только кинетической энергией самого молотка.

Для эффективного разрушения дробимого материала скорость ротора должна составлять 20÷80 м/с (в зависимости от физико-механических характеристик измельчаемого материала). При таких скоростях возникают большие

ударные нагрузки и нагрузки от центробежных сил, поэтому конструкция ротора, сменных бил или молотков, а также их креплений должна обеспечивать надежную работу ротора и удобство его обслуживания.

2. Конструкция, принцип работы, преимущества и недостатки молотковых и роторных дробилок

Рассмотрим основные конструкции дробилок ударного действия.

На рисунке 2 представлена схема молотковой двухроторной одноступенчатого действия (*рис 15*).

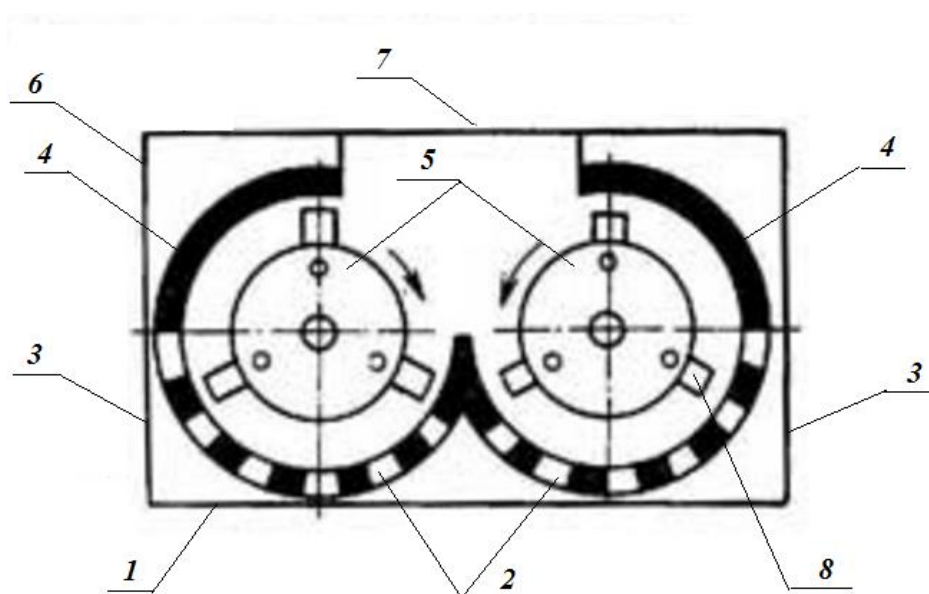


Рисунок 2 – Молотковая двухроторная дробилка:

- 1 – станина; 2 – колосниковые решетки; 3 – дверцы; 4 – отражательные плиты;
5 – роторы; 6 – корпус; 7 – загрузочное отверстие (воронка); 8 – молотки

Основными частями двухроторной молотковой дробилки является станина 1 и корпус 6, соединенные болтами. В боковых стенках станины установлены роликподшипники, в которых вращаются валы роторов 5, на которых шарнирно подвешены молотки 8. Под роторами установлены колосниковые решетки 2. Боковые стенки и верхняя часть корпуса футерованы износостойкими листами и отражательными плитами 4. Для доступа к рабочим частям дробилки предусмотрены окна, закрываемые дверцами 3. Дробление материала в молотковых дробилках происходит в результате ударов вращающихся молотков 8 по кускам материала, ударов кусков материала об отражательные плиты 4 и раздавливания материала молотками на колосниковой решетке 2. Измельченный материал просыпается через колосниковую решетку и в зависимости от степени дробления ее можно менять.

Молотки для молотковых дробилок изготавливают из стали 110Г13Л, что значительно повышает их износостойкость, но иногда усложняет конструкцию их крепления к ротору из-за трудности механической обработки этой

стали. Молотки, как правило, имеют несколько рабочих поверхностей, что удлиняет срок их службы. На рисунке 3, б, в, г показаны конструкции молотков, позволяющие переворачивать их один раз после износа одной рабочей поверхности. Молотки, изображенные на рисунке 3, а, д, имеют четыре рабочие поверхности.

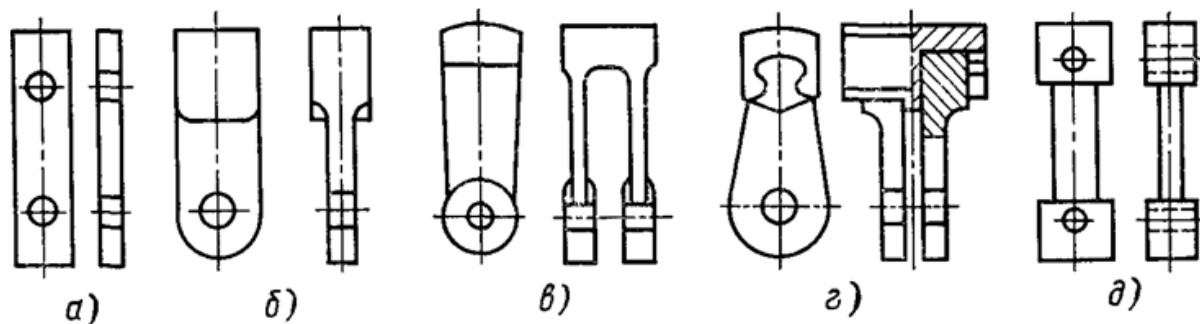


Рисунок 3 – Схемы молотков:

а, д – с четырьмя рабочими поверхностями; б, в, г – с двумя рабочими поверхностями

Ниже показана схема однороторной дробилки крупного дробления ДРК (рисунок 4).

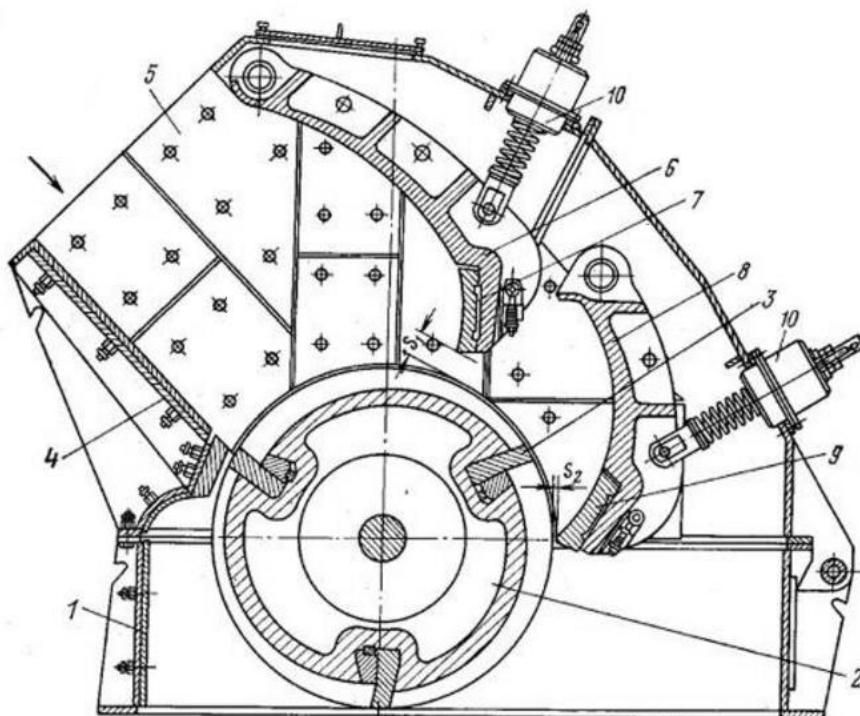


Рисунок 4 – Однороторная дробилка ДРК:

1 – рама (станина); 2 – ротор; 3 – била; 4 – корпус для загрузки исходного материала; 5 – футеровка корпуса (специальная внутренняя отделка для его защиты от абразивного износа); 6 и 8 – соответственно верхняя и нижняя отражательные плиты; 7 и 9 – футеровка плит; 10 – механизм для регулирования зазора отражательных плит (буфера); s_1, s_2 – зазоры между окружностью бил и кромками отражательных плит

Описание схемы: Однороторная дробилка ударного действия состоит из сварного разъемного корпуса, состоящего из верхней и нижней 1 частей, соединяемых между собой болтами; ротора 2 (горизонтальный вал с насаженным на него массивным стальным барабаном с жестко закрепленными билами 3); верхней 6 и нижней 8 отражательных плит, подвешенных на осях в верхней части корпуса и прикреплены к нему посредством буферов 10; стенки камеры дробления и отражательные плиты защищены футеровками 7 и 9. Вращение ротору 2 передается от электродвигателя посредством клиноременной передачи. Исходный материал через загрузочное окно 4 подается на ротор 2, далее билами 3 отбрасывается на отражательные плиты 6 и 8, при ударе о которые куски камней раскалываются. При попадании недробимого материала между ротором 2 и отражательной плитой последняя может отходить и пропускать недробимый камень благодаря буферам 10, тем самым защищая плиты 7,9 и сам корпус от повреждений. Крупность готового продукта регулируется зазором между окружностью бил и кромками отражательных плит. Часть камней, не прошедших через щели размером s_1 и s_2 снова попадают на ротор 2.

Достоинства дробилок ударного действия:

- высокая степень дробления (до 50), что позволяет сократить число стадий дробления;
- высокая удельная производительность (на единицу массы машины);
- простота конструкции и удобство обслуживания;
- избирательность дробления.

Недостатки дробилок ударного действия:

- повышенный износ рабочих органов при дроблении высокообразивных материалов;
- неравномерность зернового состава конечного продукта, высокий выход мелких фракций (0-5 мм) у роторных дробилок;
- замазывание колосниковых решеток (у молотковых дробилок) при дроблении материалов влажностью более 15%.

Тема 1.4 Барабанные мельницы

- 1. Назначение и классификация барабанных мельниц.**
- 2. Общее устройство, варианты приводов, преимущества и недостатки мельниц.**
- 3. Мелющие тела барабанных мельниц.**
- 4. Мельницы самоизмельчения, их особенности, перспективы использования.**

1. Назначение и классификация барабанных мельниц

Барабанные мельницы — это машины, в которых реализуются процессы как грубого, так и тонкого измельчения в многотоннажных производствах.

Они получили наибольшее применение для помола материалов средней и слабой прочности ($\sigma_{см} < 150 \text{ МПа}$) в производстве цемента, силикатного кирпича и бетона (ячеистого, плотного).

Барабанные мельницы классифицируют:

- *по рабочему циклу*: мельницы, работающие по открытому и закрытому циклу (рисунок 1); в случае работы по открытому циклу материал проходит через рабочее пространство однократно без классификации, а при замкнутом цикле материал после помола направляется на классификацию в гидроциклон при мокром помоле или сепаратор (вибросито и пр.) при сухом помоле для разделения на готовый продукт и укрупненный, который вновь возвращается в мельницу на домол;

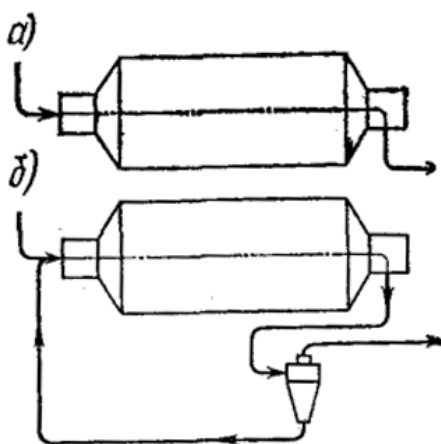


Рисунок 1 – Схемы работ барабанных мельниц:

а) по открытому циклу; б) по замкнутому циклу с гидроциклоном (мокрый помол) или с сепаратором (сухой помол)

- *по принципу работы*: циклического и непрерывного действия;
- *по форме рабочего барабана*: цилиндрические и конические;
- *по форме мелющих тел*: шаровые, стержневые, самоизмельчения;
- *по способу помола*: сухой и мокрый;
- *по способу загрузки и разгрузки материала*: через люк, полые цапфы и с периферийной разгрузкой;
- *по типу привода*: с центральным и периферийным приводом.

Различают три основных режима работы барабанных мельниц: каскадный, водопадный и сверхкритический (рисунок 2). Тип режима движения мелющих тел зависит от многих факторов. Основными из них являются угловая скорость барабана и его радиус.

При невысоких значениях угловой скорости наблюдается каскадный режим работы мельницы (рисунок 2, а), когда тела поднимаются по стенке барабана или нижерасположенному слою шаров на некоторый угол, не превышающий 90° от крайнего нижнего положения помольной камеры, после чего скатываются вниз по свободной поверхности загрузки. Такое перемещение мелющих тел при вращении барабана постоянно повторяется, тем самым, вызывая

ассоциации каскадного движения. При каскадном режиме измельчение материала осуществляется за счет истирания.

Водопадный режим (рисунок 2, б) наблюдается при более высоких скоростях и характеризуется подъемом мелющих тел на угол от 90° до 180° , после чего происходит их отрыв от стенки барабана или слоя шаров и падение по криволинейной траектории. Такое движение помольных тел напоминает водопад, что и обусловило название режима работы мельницы. При водопадном режиме измельчение материала осуществляется за счет удара и частично истирания.

Режим, при котором мелющие тела под действием центробежной силы прижимаются к стенке помольной камеры или вышерасположенному слою шаров и при этом наблюдается их безотрывное движение на протяжении полного оборота барабана, получил название сверхкритического (рисунок 2, в). Режим является нерабочим и измельчение материала в нем не осуществляется.

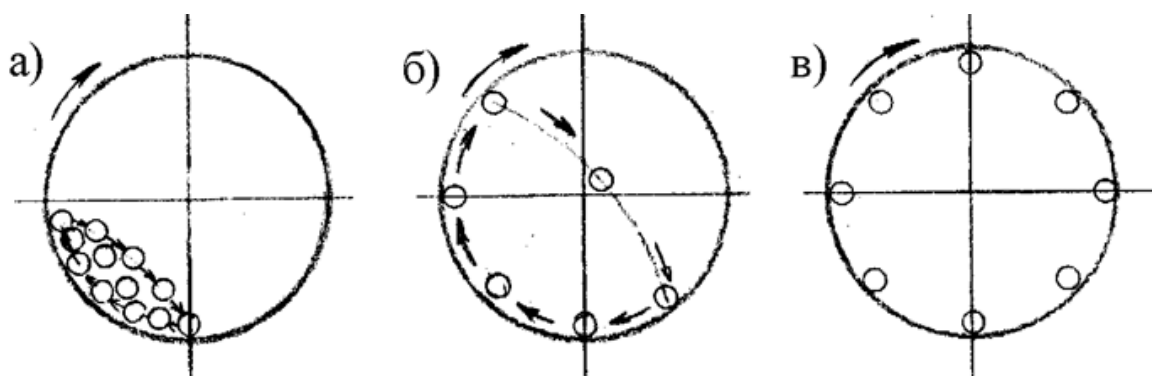


Рисунок 2 – Режимы движения загрузки в барабанных шаровых мельницах:
а – каскадный; б – водопадный; в – сверхкритический

2. Общее устройство, варианты приводов, преимущества и недостатки мельниц

Существуют немало схем работы помольных установок (рисунок 3). Схема работы сильно влияет на производительность, удельный расход энергии, однородность готового продукта и эксплуатационные затраты.

При работе мельницы по открытому циклу (рисунок 3, а) весь измельчаемый материал пропускается через барабан один раз. У этих мельниц отсутствуют дополнительные устройства, обеспечивающие промежуточный отбор готового продукта. Это снижает эффективность помола, поскольку готовый продукт, не удаленный своевременно из мельницы, затрудняет измельчение частиц неразмолотого материала. Все это снижает производительность мельницы и увеличивает удельный расход энергии на помол. Одновременно наблюдается повышение неоднородности готового продукта, в котором часть материала переизмельчается, а другая недоразмалывается, будучи окружена

мелкой пылью. Установки, работающие по открытому циклу, просты по конструкции и менее сложны в эксплуатации по сравнению с мельницами, работающими по замкнутому циклу.

При замкнутом цикле помола материал выходит из мельницы частично недоизмельченным и затем при помощи сепаратора (рисунок 3, б, в) или грохота (рисунок 3, г) при сухом способе помола, а также гидроциклона (рисунок 3, д) при мокром помоле разделяется на готовый продукт и крупку, которая вновь направляется в мельницу на домол.

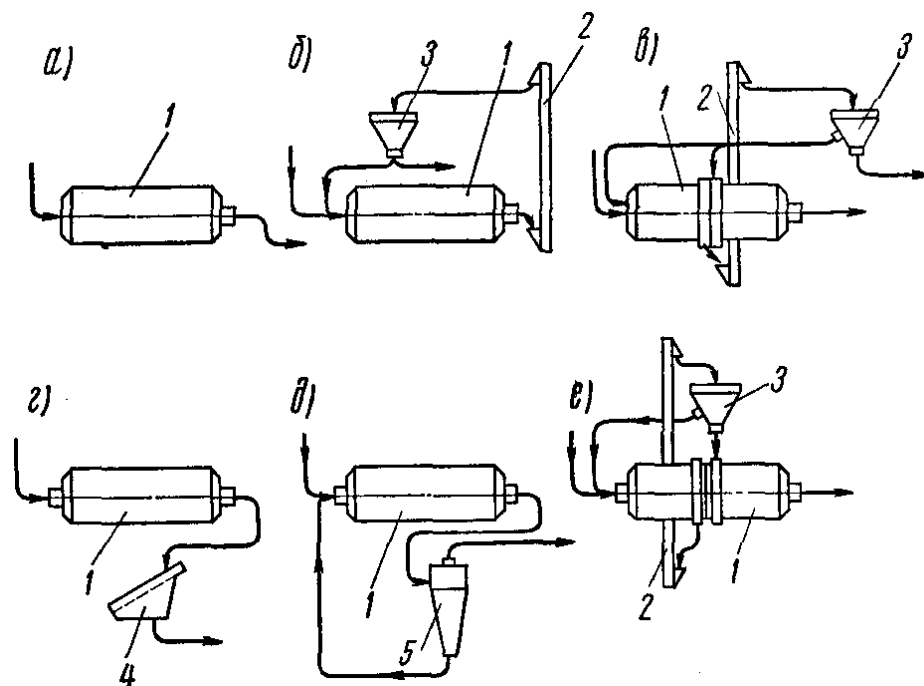


Рисунок 3 – Схемы работы барабанных мельниц:
1 – барабан; 2 – элеватор; 3 – сепаратор; 4 – сито; 5 – гидроциклон

При работе мельницы по схеме, показанной на рисунке 3, б, измельчаемый материал подается в барабан 1, продвигается в процессе помола вдоль него по направлению к разгрузочному концу, выпадает из него и элеватором 2 подается в сепаратор 3, где происходит разделение материала на готовый продукт и крупку, которая вновь направляется в мельницу для последующего совместного помола с новой порцией материала. Готовый продукт транспортируется в силосы.

При работе мельницы по схеме, приведенной на рисунке 3, в, измельчаемый материал отводится из средней части мельницы через специальные отверстия в межкамерной секции барабана и с помощью элеватора направляется в сепаратор, откуда готовый продукт направляется в силосы, а крупка загружается в мельницу, в среднюю ее часть или частично в загрузочную часть.

На рисунке 3, г показана мельница мокрого помола, работающая с грохотом 4, а на рисунке 3, д – с гидроциклоном 5. В обоих случаях крупка после отделения от готового продукта направляется в загрузочную часть мельницы.

На рисунке 3, е показана схема мельниц, работавших в открытом цикле, но переоборудованных для работы в замкнутом цикле.

В процессе измельчения по замкнутому циклу материал совершает от 3 до 6 проходов через мельницу. Непрерывное выделение из измельчаемого материала готового продукта ускоряет процесс измельчения, повышая при этом производительность мельницы на 15-20% (при сухом способе помола).

На рисунке 4 показаны варианты приводов барабанных мельниц.

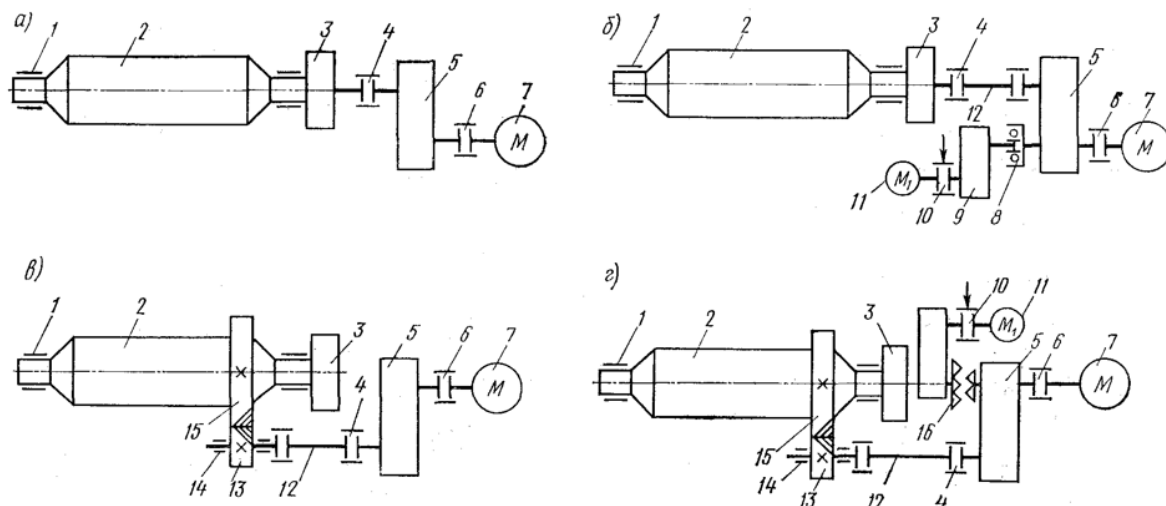


Рисунок 4 – Кинематические схемы привода барабанных мельниц:

а, б – с центральным приводом; в, г – с периферийным приводом;

- 1 – подшипниковая опора; 2 – барабан; 3 – загрузочное устройство; 4, 6 – соединительные зубчатые муфты; 5 – редуктор; 7 – электродвигатель главного привода; 8 – обгонная муфта; 9 – редуктор вспомогательного привода; 10 – муфта с тормозом; 11 – электродвигатель вспомогательного привода; 12 – соединительный вал; 13 – подвенцовая шестерня; 14 – подшипниковая опора шестерни; 15 – зубчатый венец; 16 – кулачковая муфта

Привод мельниц, включающий в себя электродвигатель 7, соединительные муфты 4 и 6, редуктор 5, приводную шестерня 13 и зубчатый венец 15, обеспечивает рабочее вращение барабана с частотой 0,2...0,5 об/с и медленное вращение вспомогательным приводом, включающего в себя электродвигатель 11, муфту с тормозом 10, кулачковую муфту 16 или обгонную муфту 8, при ремонтных работах с частотой 0,002...0,003 об/с.

По сравнению с другими помольными машинами трубные (шаровые), мельницы обладают следующими *достоинствами*:

- простота конструкции;
- удобство в эксплуатации;
- высокая степень помола.

К *недостаткам* относятся:

- малые скорости воздействия мелющих тел на материал, обусловленные ограниченным числом оборотов барабана мельницы;
- участие в работе только части мелющих тел;

- использование рабочего пространства барабана всего на 35-45%;
- высокий удельный расход электроэнергии (30-40 кВт·ч/т по клинкеру);
- большой износ мелющих тел и футеровки;
- большая металлоемкость (большие габаритные размеры);
- большой шум при работе.

3. Мелющие тела барабанных мельниц

В качестве мелющих тел используют стальные или чугунные шары диаметром 30, 40, 50...120 мм. В камеры грубого помола обычно загружают шары большого диаметра (больше 60 мм) массой шара от 0,9 до 8 кг, а в камеры тонкого помола – шары диаметром менее 60 мм. В камеры тонкого помола также загружают стальные или чугунные (из отбеленного чугуна) цельпессы диаметром 16-25 мм и длиной 25-40 мм.

Сортамент мелющих тел для загрузки мельницы обычно задается заводом-изготовителем мельницы для стандартного материала (клинкера).

Для помола других материалов количество каждой фракции шаров и цельпессы подбирается опытным путем.

Для этого снимают, так называемую, диаграмму помола. Она строится по результатам просеивания через сита (0,06; 0,08; 0,2 и др.) средних проб материалов, отобранных через каждый метр или 0,5 м по длине мельницы.

У хорошо работающей мельницы кривые на диаграмме помола имеют крутое падение в начале камеры и пологое – в конце камеры. Если на кривых наблюдаются длинные горизонтальные участки, то это говорит о неправильной загрузке мельницы или неправильном выборе места установки перегородки.

Кроме опытного подбора предварительный подбор загружаемых шаров ориентировочно можно осуществить по эмпирическим формулам, в частности, по формуле Левенсона:

$$d = \frac{D}{18} \div \frac{D}{24}, \text{ т.}$$

где d – диаметр шаров, мм (для меньшего коэффициента заполнения принимают шары большего диаметра);

Оптимальный размер шаров можно определять и в зависимости от начального размера кусков материала d_H , поступающего в мельницу (формула Разумова):

$$d = 28 \sqrt[3]{d_H}, \text{ мм.}$$

В процессе помола происходит износ футеровки и мелющих тел. Потеря веса стальными шарами и цельпесками при измельчении клинкера составляет

0,8-1 кг/т, а футеровки – 0,1-0,15 кг/т. Для чугунных мелющих тел износ больше. В связи с этим в процессе эксплуатации через определенный промежуток времени производится догрузка мелющих тел.

4. Мельницы самоизмельчения, их особенности, перспективы использования

Работа мельниц без мелющих тел основана на том, что для измельчения материала применяются куски этого же материала размером до 450 мм. Мельницы самоизмельчения эффективны в тех случаях, когда нежелательно наличие в готовом продукте металлических частиц, появляющихся из-за износа шаров. Их применяют как для сухого (мельницы «Аэрофол»), так и для мокрого (мельницы «Гидрофол») помола сырьевых материалов. Мельницы «Аэрофол» широко используют в цементной промышленности на первой стадии измельчения. В агрегате с мельницей «Аэрофол» совмещается измельчение и сушка с влажностью материала до 10-12%

Мельница «Аэрофол» (рисунок 5) содержит барабан 1 диаметром (5-8 м), закрытый по торцам днищами 2, центральная часть которых выполнена в виде цапф 3, с помощью которых он опирается на подшипники 4. Барабан мельницы приводится во вращение от электродвигателя через редуктор и зубчатую передачу, больше колесо 5 которой смонтировано на его корпусе. С внутренней стороны барабан футерован броневыми плитами, при этом в боковых плитах имеются треугольные выступы, которые обеспечивают отбрасывание крупных кусков к центру. Барабан вращается с частотой вращения, составляющей 85-90% от критического значения. При этом материал непрерывно поднимается и падает вниз. Крупные куски сырья дробятся сами и измельчают меньшие по размерам.

Для ряда материалов чистое «самоизмельчение» не всегда дает желаемый результат из-за того, что в барабане накапливается большое количество кусков так называемого критического размера (12-25 мм), т. е. таких, которые сами не могут обеспечить эффективный помол и в то же время крупные куски измельчают их недостаточно интенсивно. Для предотвращения этого явления рекомендуется добавлять в барабан небольшое количество металлических шаров (примерно 2,5% от объема барабана).

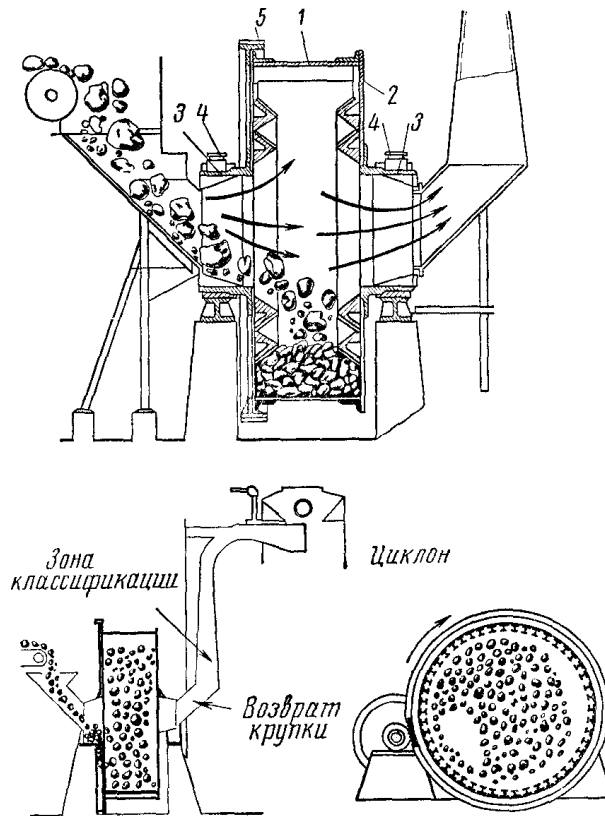


Рисунок 5 – Мельница «Аэрофол»

Мельница «Гидрофол» (рисунок 6) предназначена для мокрого измельчения материала и работает в замкнутом цикле с классифицирующими аппаратами. Материал в мельницу загружается при помощи питателя 1 с вибратором 2 и через пустотелую цапфу поступает в барабан 3. Куски материала специальными лифтерами, а также за счет центробежной силы инерции поднимаются при вращении барабана и затем, падая и соударяясь друг с другом и с футеровкой, разрушаются. Измельченный продукт проходит через разгрузочную цапфу в барабанный конический грохот 4. Барабан получает вращение от электродвигателя 5 через редуктор и зубчатую передачу, зубчатый венец 6, который смонтирован на разгрузочной цапфе.

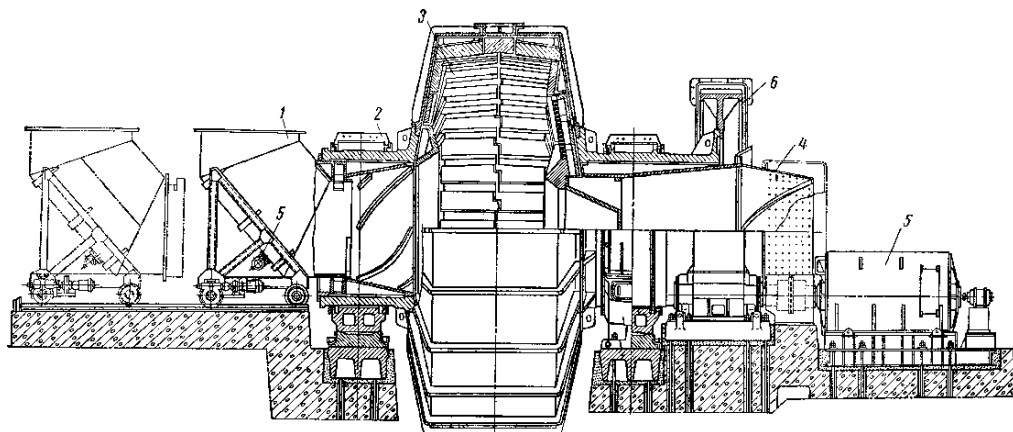


Рисунок 6 – Мельница «Гидрофол»

Тема 1.5 Машины для механической сортировки каменных материалов

1. Область применения и классификация машин для механической сортировки.

2. Устройство и принцип работы грохотов.

1. Область применения и классификация машин для механической сортировки

Механическая сортировка (грохочение) осуществляется при помощи машин, называемых грохотами (рисунок 1) и снабженных просеивающими поверхностями (ситамы, решетами, колосниками). Применяют грохочение для получения двух или нескольких сортов зерен, различающихся по крупности. Число получаемых сортов зависит от количества сит, через которые был пропущен обрабатываемый материал. Так, если количество сит n , то сортов получается $n + 1$.



Рисунок 1 – Грохот

Последовательность грохочения материала зависит от расположения сит. Различают грохочение от мелкого к крупному, от крупного к мелкому и комбинированное.

При грохочении от мелкого к крупному (рисунок 2, *a*) исходный материал подается на сито с самыми маленькими отверстиями, затем на сито с отверстиями средних размеров и далее на сито с самыми большими отверстиями. С эксплуатационной точки зрения эта схема достаточно проста, так как позволяет без особых затруднений направлять рассортированный материал по соот-

ветствующим бункерам. Упрощается при этом обслуживание грохота и его ремонт. Большим недостатком рассматриваемой схемы является то, что самые большие куски поступают на решето с самыми маленькими отверстиями и вызывают быстрый его износ. Кроме того, при подаче смеси на решето с самыми маленькими отверстиями крупные куски, перекрывая часть отверстий, затрудняют выделение мелких фракций.

При грохочении от крупного к мелкому (рисунок 2, б) верхнее сито имеет самые большие отверстия, а нижнее – самые маленькие. Просеивание по данной схеме является самой распространенной в промышленности строительных материалов и дает лучшие результаты, так как в этом случае крупные куски материала не мешают выделению средней и мелкой фракций. Недостатком этой схемы является то, что она требует дополнительных желобов и лотков, направляющих отдельные сорта в бункеры.

При комбинированном грохочении (рисунок 2, в) сортируемая смесь подается сначала на сито с отверстиями среднего размера. Куски материала, прошедшие через отверстия в первом сите, поступают на расположенное под ним сито с самыми маленькими отверстиями, в то время как куски больших размеров поступают на второе сито с самыми большими отверстиями. Данная схема по своим преимуществам и недостаткам занимает промежуточное положение.

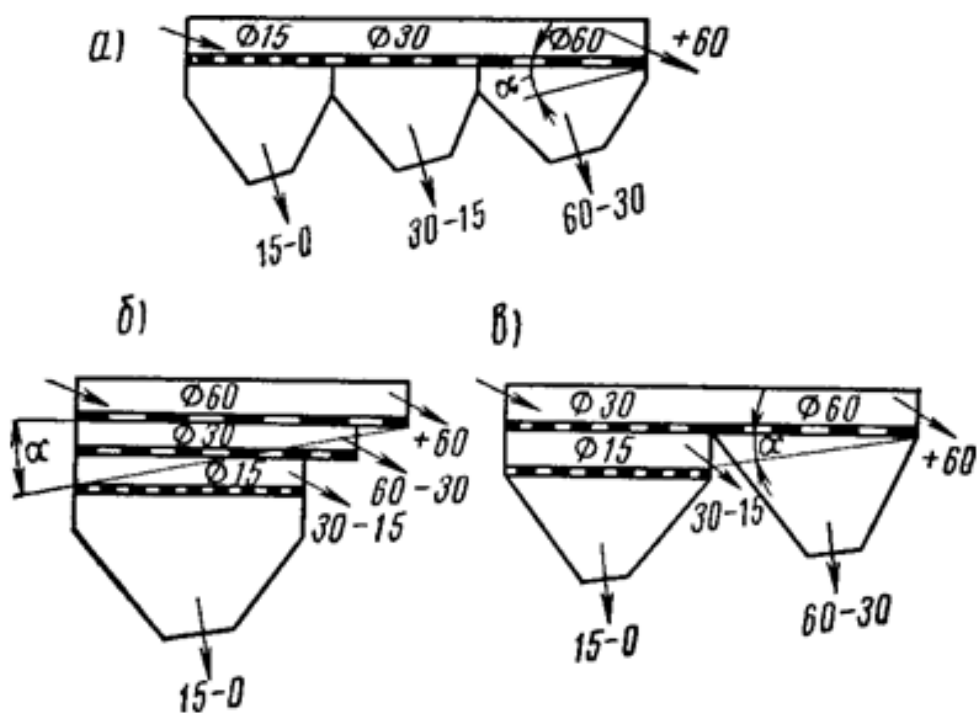


Рисунок 2 – Схемы грохочения

Куски материала, подлежащего грохочению, могут пройти через отверстия в сите только в том случае, если их размеры меньше размеров отверстий или приближаются к ним. В большинстве случаев грохоты устанавливают с некоторым наклоном в направлении движения материала. Это еще больше

уменьшает размеры частиц, которые могут пройти через отверстия решета или сита.

Все частицы материала, прошедшие через отверстия в сите, представляют собой продукт так называемого *нижнего класса*, а все частицы, не прошедшие через сито, – продукт *верхнего класса*.

В практике грохочения каменных материалов применяют различные типы грохотов, различающихся принципом работы, конструктивными параметрами, характеристикой просеивающей поверхности. Детальная классификация их по конструктивным признакам получается громоздкой, поэтому для систематизированного описания грохотов в настоящее время принято следующее подразделение:

а) по характеру движения рабочего органа (просеивающей поверхности) или способу перемещения материала:

- неподвижные (колосниковые, дуговые, конические);
- частично подвижные (валковые, цепные с возбуждением колебаний гибкого сита и др.);
- вращающиеся (барабанные);
- подвижные (качающиеся, гирационные и вибрационные);
- гидравлические с перемещением материала водой.

б) по геометрической форме просеивающей поверхности:

- плоские;
- барабанные;
- дуговые.

в) по расположению просеивающей поверхности:

- наклонные;
- горизонтальные.

г) по крупности разделяемого материала: крупного, среднего, мелкого, тонкого и особо тонкого грохочения.

Для плоских подвижных грохотов с симметричными продольными колебаниями предложена своя классификация:

а) по расположению просеивающей поверхности:

- наклонные (угол наклона 15-26°);
- горизонтальные или слабонаклонные (угол наклона 5-6°).

б) по кинематике движения короба просеивающей поверхности:

- с фиксированной кинематикой (качающиеся грохоты с кривошипным или эксцентриковым механизмом, то есть когда перемещения, скорости и ускорения всех звеньев строго определены по величине и направлению и не зависят от участвующих в колебаниях масс);

- кинематически неопределенные (например, вибрационные) грохоты (характер движения просеивающей поверхности зависит от соотношения движущихся масс и жесткости упругих опор грохота);

- с частично фиксированной кинематикой (гирационные грохоты) (центральная часть просеивающей поверхности движется по фиксированной круговой траектории, а концы совершают вибрационное движение).

Также грохоты по числу сит могут быть *односитными* и *многоситными*; грохочение может быть *сухим* и *мокрым* (исходный материал поступает на грохот в виде пульпы или в сухом виде, но на грохоте орошается водой из специальных брызгальных устройств, т.е. происходит не только разделение материала по крупности, но и его промывка от вредных примесей).

Наибольшее распространение получили плоские наклонные и горизонтальные вибрационные грохоты с просеивающей поверхностью в виде плоских сит или решет.

2. Устройство и принцип работы грохотов

Рассмотрим основные конструкции грохотов.

1) *Колосниковые грохоты* (рисунок 3) представляют собой неподвижные решетки с щелевидными отверстиями, собранные из отдельных колосников. Благодаря определенному углу наклона грохота материал, загружаемый на верхний конец решетки, движется по ней под действием равнодействующей сил тяжести и трения. В процессе движения часть материала проваливается через щели решетки и уходит в подрешетный продукт, а оставшаяся часть (в основном крупный класс) сходит в нижнем конце решетки - надрешетный продукт. Эти грохоты имеют низкую эффективность грохочения, особенно при влажном материале. Процесс грохочения осуществляется за счет наклона колосниковой просеивающей поверхности и силы тяжести.

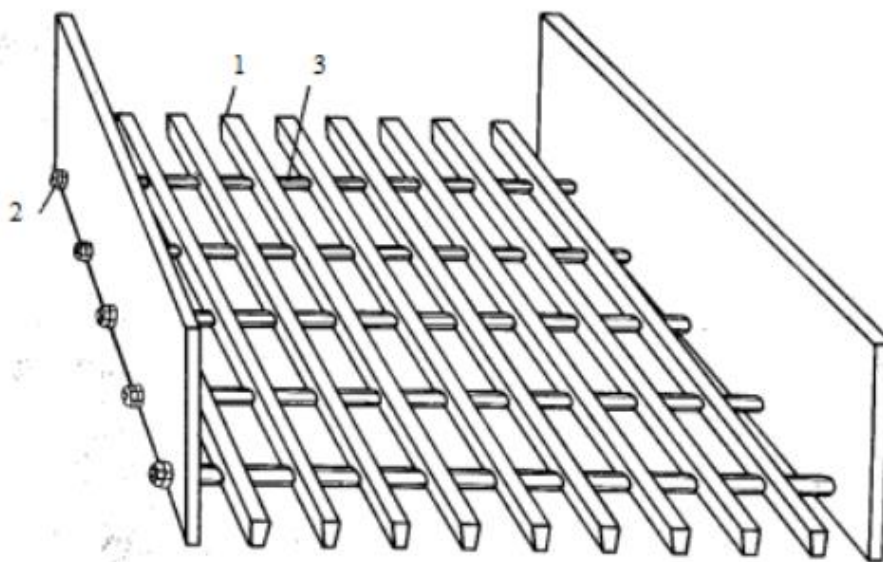


Рисунок 3 – Колосниковый грохот:
1 – колосник; 2 – стяжной болт; 3 – распорная труба

Данный тип грохотов применяется для крупного грохочения. Размер щели между колосниками – не менее 50 мм, в редких случаях – 25-30 мм. Угол наклона решетки выбирается в зависимости от физических свойств и состав-

ляет для руд 30-45°. При переработке влажных материалов угол наклона грохота увеличивают на 5-10°. Влажные глинистые руды, вследствие замазывания щелей между колосниками, перерабатывать на колосниковых грохотах невозможно. Размеры колосникового грохота выбираются с учетом крупности максимального куска материала и условий установки грохота. На основании практических данных ширину грохота принимают больше тройного размера максимального куска. Длина решетки колосникового грохота делается не менее двойной его ширины.

2) *Барабанные грохоты* (рисунок 4) имеют вращающуюся просеивающую поверхность цилиндрической или конической формы.

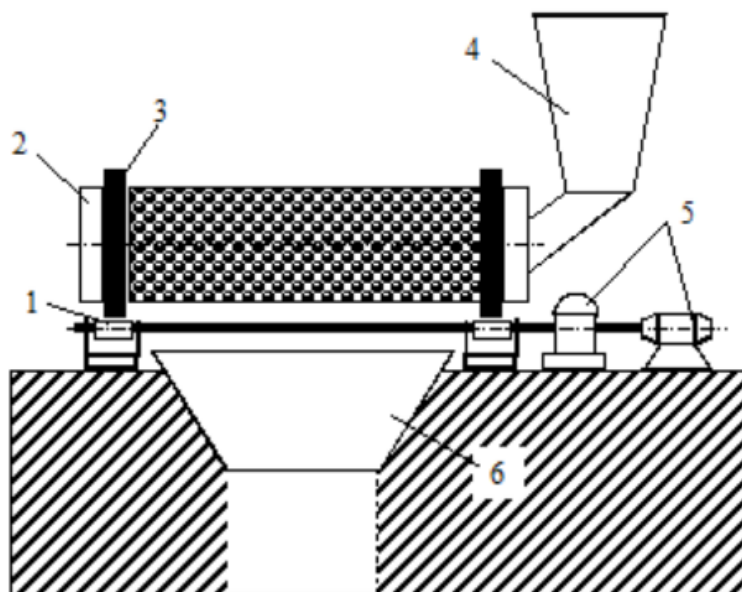


Рисунок 4 – Барабанный грохот:

1 – опорный приводной ролик; 2 – просеивающая поверхность; 3 – бандаж;
4 – загрузочный бункер; 5 – привод; 6 – приемный бункер

В зависимости от формы барабана бывают: *цилиндрические* или *конические*. Просеивающая поверхность представляет собой стальные перфорированные листы или сетку. Ось цилиндрического барабана наклонена к горизонту под углом от 4 до 7°, ось конического – горизонтальна. Барабанные грохоты изготавливают также для классификации материала на несколько классов. Для этого сито барабана собирается из нескольких секций с увеличивающимися к разгрузочному концу отверстиями.

Диаметр барабана от 500 до 3000 мм; длина – от 2000 до 9000 мм.

3) *Вибрационные грохоты* (рисунок 5) получили наибольшее распространение при сортировке каменных материалов. Вибрации короба и просеивающей поверхности вызываются центробежной силой инерции, возникаю-

щей при вращении неуравновешенной массы дебаланса. Амплитуда свободных колебаний (вибраций) зависит от динамических факторов: сил инерции, движущихся масс, жесткости пружин (резиновых амортизаторов) и т. д.

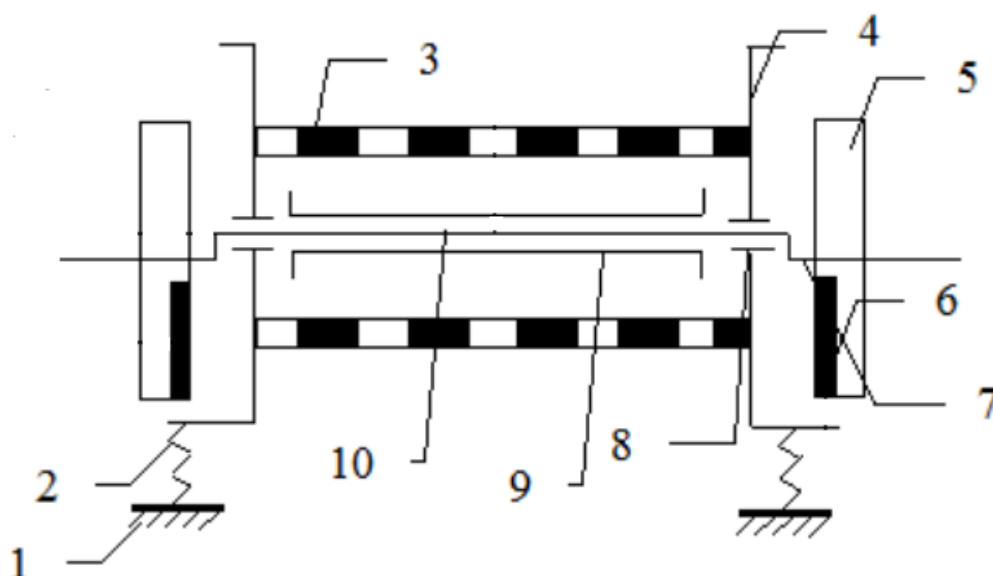


Рисунок 5 – Инерционный грохот:

- 1 – опорная рама, 2 – пружинные амортизаторы, 3 – сита, 4 – короб, 5 – шкивы, 6 – дебалансы; 8 – подшипники, 9 – вибровозбудитель, 10 – рабочий вал с эксцентричными расточками 7

Инерционный грохот (класс кинематически неопределенных вибрационных грохотов с круговыми вибрациями) состоит из корпуса 4 с ситами 3, который опирается пружинными амортизаторами 2 на опорную раму 1. Внутри корпуса проходит труба вибровозбудителя 9 с рабочим валом 10, вращающимся в подшипниках 8. На концах рабочего вала сделаны эксцентрики 7 и насажены шкивы 5 с дебалансными грузами 6. Вращение шкивов вокруг геометрической вызывает возникновение силы инерции массы корпуса с материалом, уравниваемой равной ей и противоположно направленной силой дебалансных грузов. В этом случае корпус грохота описывает круговые движения, а ось вала остается неподвижной в пространстве. Ввиду этого данные грохоты получили название "самоцентрирующиеся". Существуют самоцентрирующиеся грохоты для легких условий работы (ГИЛ), средних (ГИС) и тяжелых (ГИТ). Грохоты типа ГИЛ применяют главным образом для сухого и мокрого грохочения, грохоты ГИС - для материалов с насыпной плотностью около 1600 кг/м^3 , грохоты ГИТ – для тяжелых материалов с насыпной плотностью 2500 кг/м^3 .

На рисунке 6 показан грохот с самобалансным вибровозбудителем (класса кинематически неопределенных грохотов с прямолинейными вибрациями корпуса).

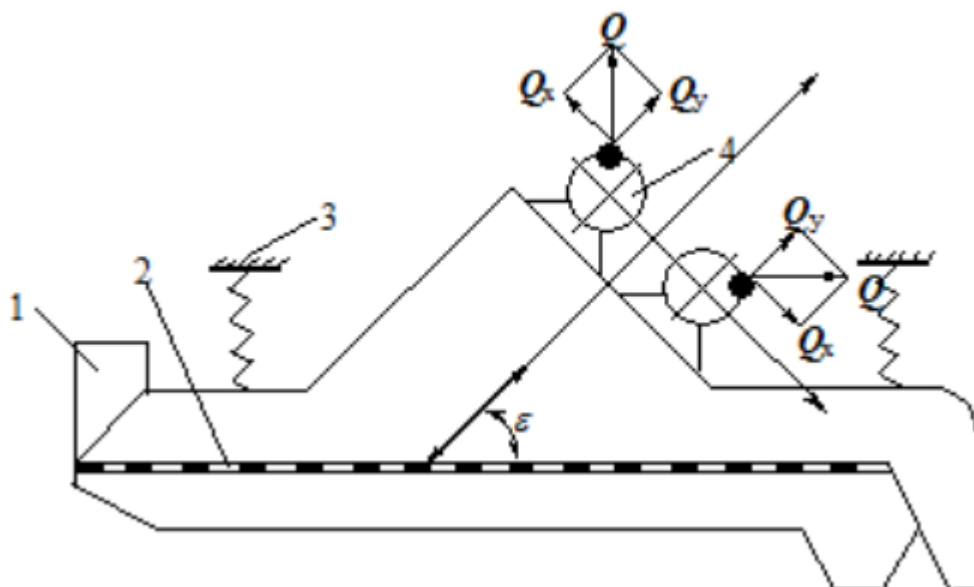


Рисунок 6 – Вибрационный грохот с самобалансным вибровозбудителем:
1 – короб, 2 – сито, 3 – амортизатор, 4 – двухвальный вибровозбудитель

Грохот состоит из горизонтального короба 1 с ситом 2, подвешенного (или установленного) на амортизаторах 3 к опорной конструкции. На коробе укреплен вибровозбудитель 4 с дебалансом так, что направление действия силы инерции вибровозбудителя составляет примерно 50° к плоскости сита 2. Это обеспечивает передвижение материала по ситум с подбрасыванием и энергичным встряхиванием. Вибровозбудитель самобалансного грохота двухвальный. Валы вращаются в противоположных направлениях. Каждому валу передается со стороны дебаланса центробежная сила инерции. Вибровозбудитель имеет два параллельных вала с эксцентрично насаженными дебалансными грузами массой m . Каждому валу грузом передается центробежная сила инерции $F = m \cdot r \omega^2$, где r - эксцентриситет дебаланса (расстояние от центра вращения вала до центра тяжести дебаланса). В процессе работы результирующая центробежных сил инерции дебалансов изменяется по синусоидальному закону и через каждые 180° поворота дебалансов равна максимуму. Сила инерции через подшипники вибровозбудителя передается коробу грохота, с которым вибровозбудитель соединен жестко шпильками.

Отечественной промышленностью выпускаются следующие грохоты с самобалансными вибровозбудителями: легкого типа ГИСЛ62 и ГИСЛ72; среднего типа – ГСС22 и ГСС32; тяжелого типа – 243Гр, ГСТ42, ГСТ51, 253Гр, ГСТ61, ГСТ62, ГСТ72М и ГСТ72Н.

Тема 1.6 Машины для воздушной сортировки каменных материалов

1. Область применения и классификация машин для воздушной сортировки.

2. Устройство и рабочий процесс воздушных классификаторов.

1. Область применения и классификация машин для воздушной сортировки

Воздушная сепарация (сортировка) применяется для разделения сухих порошкообразных материалов крупностью менее 1 мм в воздушном или газовом потоке на фракции (классы) по величине частиц. Этот метод разделения особо широко используется при работе помольных агрегатов (мельниц) в замкнутом цикле с воздушными сепараторами (рисунок 1). Тем самым удается улучшить технологические свойства измельченных материалов за счет получения порошков более равномерного гранулометрического (зернового) состава, увеличить производительность помольного агрегата и снизить удельные энергозатраты на измельчение. Выигрыш в производительности и энергозатратах тем больше, чем выше дисперсность готового продукта.



Рисунок 1 – Воздушный классификатор

Воздушная сепарация основана на том, что крупные частицы сортируемого материала, находящиеся в потоке воздуха, под влиянием сил (гравитационных, центробежных, инерции, трения) осаждаются, а мелкие (тонкая фракция) уносятся воздушным потоком в осадительные устройства.

Процесс разделения смеси сыпучих материалов осуществляется в воздушных сепараторах, в которых создаются характерные схемы движения газов и частиц (рисунок 2). В этих аппаратах регулируются силы, действующие на частицу, и движение частиц различной крупности в разных направлениях. Кроме того, создаются определенные зоны разделения:

а) противоточно-центробежная, в которой условием разделения частиц является равенство центробежной силы $P_{ц}$ и аэродинамической силы газов P ;

б) вертикально-поточная, где условием разделения частиц является равенство аэродинамической силы газов P и силы тяжести частицы G ;

в) центробежно-поперечно-поточная, в которой границей разделения частиц является равенство времени движения частицы по вертикали $t_{вер}$ и горизонтали $t_{гор}$.

На основе условий равновесия рассчитываются граничные диаметры частиц, разделяемых в сепараторе, по каждой схеме движения газов. Изменяя скорость движения потоков можно регулировать процесс разделения.

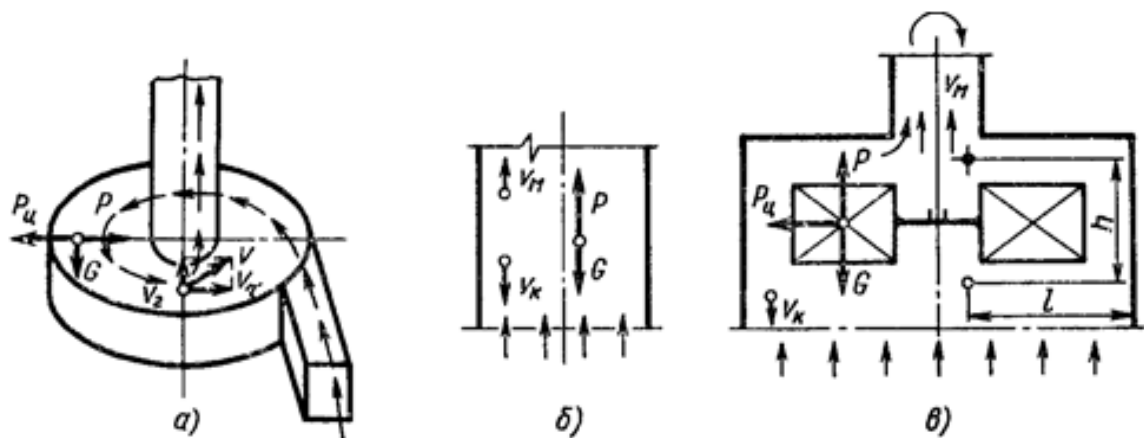


Рисунок 2 – Схемы зон разделения сепараторов:
 а – противоточно-центробежная; б – вертикально-поточная;
 в – центробежно-поперечно-поточная

Воздушные сепараторы подразделяются по следующим основным признакам:

- по характеру сил, действующих на материал: гравитационные, центробежные и комбинированные;
- по направлению движения воздушного потока: сепараторы с вертикальным, горизонтальным и спиральным движением;
- по конструкции: проходные и циркуляционные (центробежные), с вынесенным и встроенным вентилятором.

2. Устройство и рабочий процесс воздушных классификаторов

Наибольшее распространение получили проходные и центробежные (циркуляционные) воздушные сепараторы. Центробежные подразделяются на сепараторы с внутренней замкнутой системой воздушного потока и сепараторы с выносными циклонами (циклонные).

В *проходном сепараторе* (рисунок 3) воздух с исходным материалом поступает по патрубку 1 в корпус 2. Из-за расширения канала, по которому движется пылевоздушная смесь, скорость потока падает и крупные частицы выпадают из него под действием сил тяжести. Воздушный поток проходит по направляющим лопастям 4 во внутренний конус 3, где он закручивается и из него выпадают мелкие частицы в результате воздействия на них центробежных сил. Крупные частицы отводятся из сепаратора по патрубкам 7, мелкие по трубе 6, воздух по трубе 5.

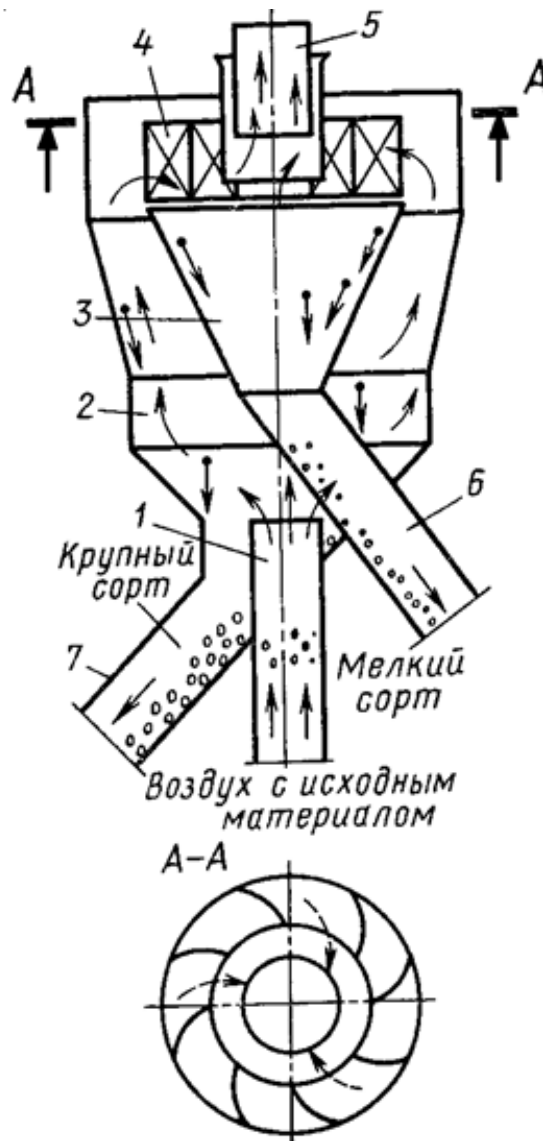


Рисунок 3 – Схема проходного сепаратора:

1, 7 – патрубок; 2 – корпус; 3 – внутренний конус; 4 – направляющие лопасти; 5, 6 – труба

Граница разделения регулируется изменением площади поперечного сечения патрубка, по которому поступает в сепаратор запыленный воздух, или изменением угла поворота лопастей 4.

Проходные сепараторы используются с диаметром корпуса 3÷4 м, высотой 4÷5 м и имеют пропускную способность 40÷90 тыс. м³/ч пылевоздушной смеси.

Преимущества: 1) не имеют движущихся частей; 2) долговечны в работе; 3) удобны в эксплуатации и просты в обслуживании.

Недостатки: 1) большой расход сжатого воздуха; 2) повышенный расход энергии на пневматическое транспортирование материала из мельницы в сепаратор; 3) низкая производительность

Такие сепараторы рационально применять в установках, где сжатый воздух используется для перемещения мелкодисперсных сыпучих материалов.

Циркуляционный сепаратор (центробежный сепаратор с внутренней замкнутой системой воздушного потока) применяется в помольных установках большой производительности.

Исходный материал (рисунок 4) поступает по патрубку 1 на вращающийся на валу 2 диск 5, с которого сбрасывается под действием центробежной силы. Крупные частицы падают под действием сил тяжести или отбрасываются центробежной силой к стенкам внутреннего корпуса 6, где теряют скорость и также сползают вниз в воронку 11, образуя крупную фракцию, которая выводится из сепаратора по трубе 9. Вентилятор 3 и крыльчатка 4, вращаемые вместе с диском 5, засасывают воздух из нижней зоны, который пересекает материал, сбрасываемый с диска, захватывает средние и мелкие частицы, выносит их в зону вращения крыльчатки 4. Здесь под действием центробежных сил вращающегося потока средние частицы отбрасываются к стенкам корпуса 6 и стекают вниз в крупный продукт. Мелкие частицы вместе с воздухом проходят через вентилятор 3 в пространство между наружным и внутренним корпусами, где воздух движется вниз по спирали. Окружная скорость потока воздуха в этой зоне максимальная, вследствие чего имеющиеся в нем мелкие частицы отбрасываются центробежной силой к стенкам корпуса 8, теряют скорость и стекают вниз по трубе 10, образуя мелкую фракцию. Воздух снова через жалюзи 7 поступает во внутренний кожух, захватывая случайно попавшие в крупный продукт мелкие частицы.

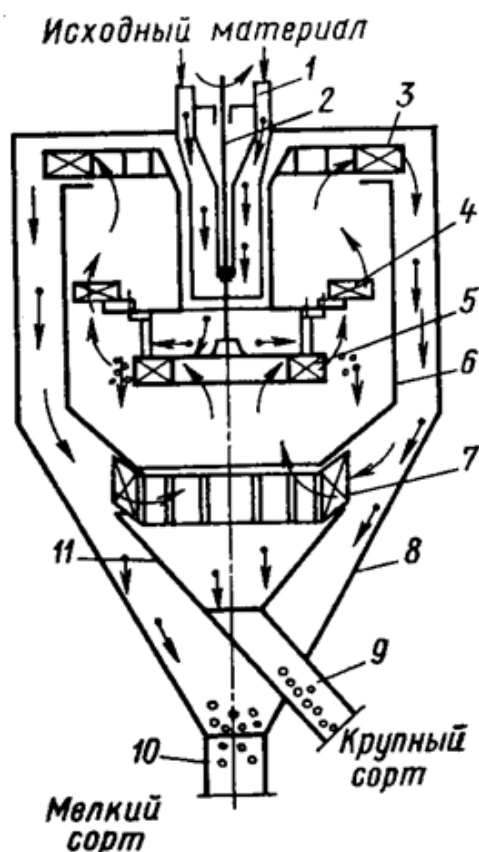


Рисунок 4 – Схема циркуляционного сепаратора:
 1 – патрубков; 2 – вал; 3 – вентилятор; 4 – крыльчатка; 5 – диск; 6 – внутренний корпус;
 7 – жалюзи; 8 – наружный корпус; 9, 10 – труба; 11 – воронка

Граница разделения в рассмотренном сепараторе может регулироваться изменением радиуса расположения лопастей крыльчатки 4 и угла установки лопаток жалюзей 7.

Такие сепараторы более сложны по конструкции и в эксплуатации, но компактны и экономичны, поскольку в одном агрегате объединены источник движения воздуха (вентилятор), сепарирующие и осадительные устройства.

Тема 1.7 Машины для гидравлической сортировки каменных материалов

- 1. Область применения и классификация машин для гидравлической сортировки.**
- 2. Устройство и рабочий процесс гидравлических классификаторов.**

1. Область применения и классификация машин для гидравлической сортировки

Гидравлическая классификация – это процесс фракционирования зернистого материала по крупности (крупность материала в основном не превышает 5,0 мм) в вертикальных или горизонтальных струях воды.

Аппараты, в которых осуществляются процессы фракционирования в водной среде, называются *гидроклассификаторами* (рисунок 1).



Рисунок 1 – Гидравлические классификаторы

Гидравлическая классификация основана на том, что жидкие системы, включающие твердые тела, склонны к разделению под действием силы тяжести. Если весовая плотность жидкой системы меньше плотности частиц, то последние оседают на дно сосуда. Скорость оседания частиц зависит от их размера, удельного веса и формы. Таким образом, гидравлическая классификация основана на различной скорости падения частиц. Размеры частиц имеют решающее значение, так как они могут меняться в широких пределах, в то время как плотности их различаются не столь уж значительно.

При падении тела в жидкости возникают два вида сопротивлений: сопротивление трения, вызываемое вязкостью жидкости, и сопротивление сил инерции (динамическое сопротивление). Первый вид сопротивления является преобладающим при относительно малой скорости падения частиц размером менее 0,175 мм. При оседании частиц размером в 1,5 мм и более сопротивление трения резко уменьшается и главенствующим становится динамическое сопротивление, при этом поток среды приобретает турбулентный характер.

По конструктивному исполнению и характеру движения гидросмеси (пульпы) гидравлические классификаторы подразделяют на горизонтальные и вертикальные, а по принципу действия – на свободного и стесненного падения.

К группе классификаторов относят также *спиральные и речные классификаторы*, в которых используется механическое воздействие рабочего органа на материал в процессе разделения его на фракции.

Особую подгруппу составляют *центробежные* классификаторы, в которых материал разделяется на фракции под действием различных центробежных сил, действующих на зерна разной крупности во вращательном потоке пульпы.

2. Устройство и рабочий процесс гидравлических классификаторов

Рассмотрим устройство и принцип работы наиболее популярных типов машин для гидравлической сортировки материалов.

а) *Спиральные классификаторы* (рисунок 2) получили наибольшее распространение при мокрых процессах обогащения песка. Эффективность классификации песков в этих машинах не превышает 70 %.

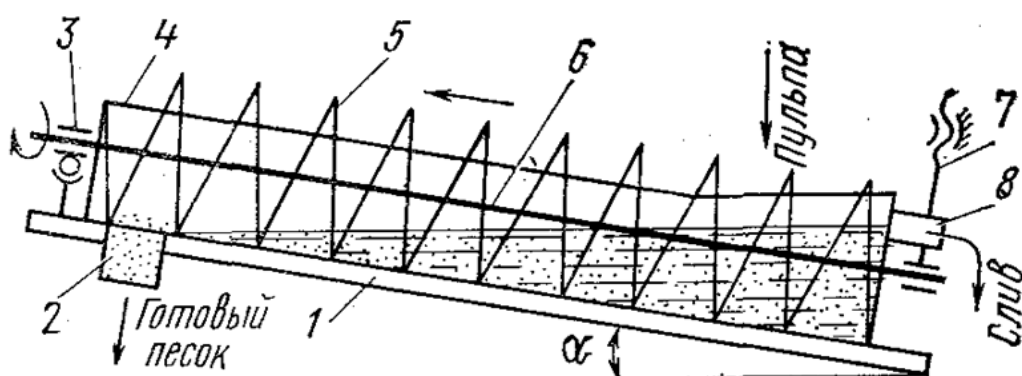


Рисунок 2 – Схема спирального классификатора:

- 1 – рама; 2 – разгрузочная воронка; 3 – подшипниковая опора; 4 – короб (корыто);
5 – спираль; 6 – вал; 7 – механизм подъема/опускания спирали; 8 – сливной порог

При движении рабочих органов 5 пульпа, находящаяся в корыте 4, взмучивается, мелкие частицы вместе с водой удаляются через сливной порог, а крупные оседают на дно корпуса (рамы) 1, заполняя пространство между вращающейся спиралью 5 и корпусом 1 и образуя осадок, который называется постелью классификатора, предохраняющей корпус от износа. Дополнительные порции осадка поднимаются спиралью 4 вверх вдоль наклонного корпуса к верхнему разгрузочному окну (воронке) 2. Размеры фракций регулируют либо с помощью угла α наклона корыта 4, либо с помощью специального регулировочного устройства расположенного в нижней части классификатора.

Различают спиральные классификаторы с непогруженной спиралью и погруженной. В первых классификаторах порог расположен ниже верхней кромки спирали на сливном конце, во вторых классификаторах нижний конец спирали полностью погружен в пульпу, вследствие чего верхняя зона осаждения твердых частиц находится в относительном покое, что обеспечивает более четкую классификацию.

Эти классификаторы могут быть односпиральными и двухспиральными и соответственно отличаться шириной корыта и производительностью при одинаковой длине.

б) Вертикальные гидроклассификаторы

Их применяют для промывки и разделения песчано-гравийной смеси на две фракции (рисунок 3).

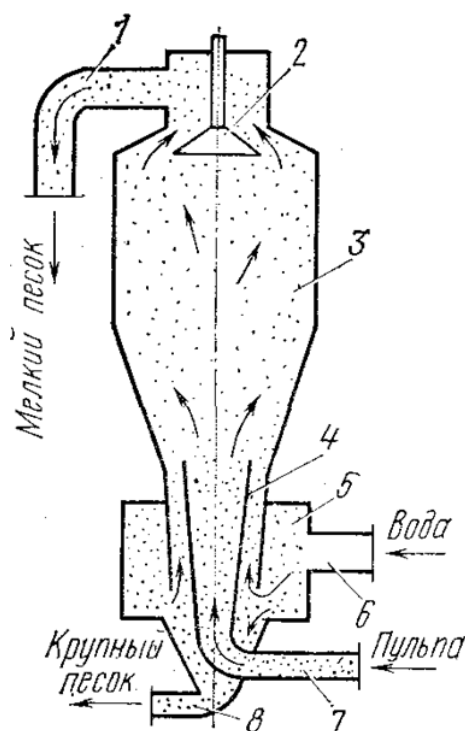


Рисунок 3 – Схема вертикального гидроклассификатора:

- 1 – отводная труба; 2 – коллектор; 3 – приемно-разделительная камера; 4 – диффузор;
- 5 – классификационная камера; 6 – трубопровод; 7 – патрубок для подачи пульпы;
- 8 – патрубок для выпуска крупной фракции песка

Песчано-гравийная смесь вводится в классификатор через нижний патрубок 7 и, проходя диффузор 4, поступает в приемно-разделительную камеру 3, площадь сечения которой значительно превышает площадь верхнего сечения диффузора 4, следовательно, скорость восходящего потока пульпы после выхода ее из диффузора значительно уменьшается, что влечет за собой выпадение наиболее крупных частиц, которые из камеры 3 попадают в классификационную 5, расположенную между диффузором 4 и внешней оболочкой аппарата. Чистая вода, образующая в камере 4 винтовой восходящий поток, в котором материал разделяется по заданной границе разделения (лежит в пределах 0,5...3 мм): частицы песка, скорость падения которых меньше скорости восходящего потока, отводятся по трубе 1 через верхний сливной коллектор. Крупный продукт выпадает из классификационной камеры 5 и по патрубку 8 отводится из классификатора на обезвоживание, а потом транспортируется на склад.

Граница разделения регулируется количеством подаваемой воды в классификационную камеру 5 и площадью ее поперечного сечения, которую можно изменять при перестановке диффузоров 4, комплекствующих классификатор.

в) *Центробежные гидроклассификаторы* – аппараты для разделения в жидкой среде зернистых материалов на мелкую и крупную фракции, различающихся плотностью и крупностью частиц. Их работа основана на использовании центробежных сил инерции, возникающих во вращающемся потоке пульпы. Эффективность разделения зависит от соотношения между скоростью оседания частиц и скоростью потока пульпы в классификаторе. Чем выше центробежное ускорение, тем меньше граница разделения и, следовательно, выше производительность по твердому материалу. Центробежные классификаторы применяют в основном для классификации мелких частиц с граничным размером $5 \div 500$ мкм.

Различают два типа центробежных классификаторов:

- Центрифуги – аппараты, в которых вращение гидросмеси достигается вращением движущихся рабочих поверхностей. Центрифуги в основном используют для обезвоживания таких мелкозернистых материалов, как глина, мел и т. д. Широкого применения в промышленности строительных материалов они не нашли из-за значительного износа рабочих поверхностей.

- Гидроциклоны (рисунок 4) – неподвижные аппараты, к которым пульпа подводится тангенциально с необходимой скоростью.

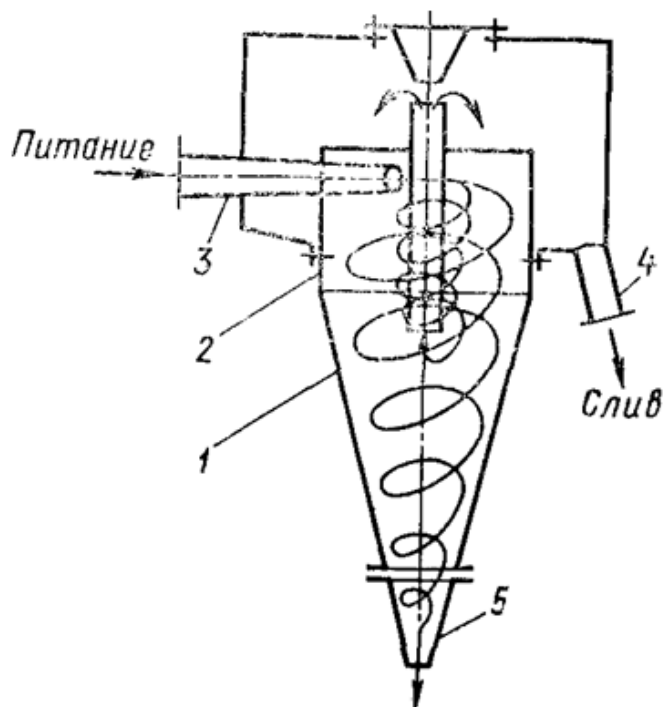


Рисунок 4 – Схема гидроциклона:

- 1 – коническая часть; 2 – цилиндрическая часть; 3 – питающий патрубков;
4 – патрубков разгрузки тонкозернистых фракций; 5 – патрубков разгрузки
грубозернистых или тяжелых фракций (песков)

Исходный материал под давлением $0,2 \div 0,3$ МПа подается через питающий патрубок 3 в цилиндрическую часть 2 корпуса тангенциально к внутренней поверхности, при этом каждая частица материала движется по винтовой спирали относительно оси аппарата и чем крупнее частица, тем больше радиус ее вращения. В нижней половине конуса вращательный поток вследствие разных по значению центробежных сил инерции разделяется на две части: крупные частицы выпадают и разгружаются через насадку (патрубок) 5, а мелкие подхватываются вихревым потоком в центре гидроциклона и через сливной патрубок 4 выводятся наружу. Граница разделения регулируется величиной давления на входном патрубке и не превышает $0,5$ мм по крупности материала - чем выше давление, тем меньше получается размер граничного зерна. Применять гидроциклоны для фракционирования песков с границей разделения более $0,5$ мм неэффективно, так как с повышением крупности слива необходимо уменьшать давление на входе, что, в свою очередь, вызывает резкое снижение качества получаемого материала.

Размеры гидроциклонов зависят от требуемой производительности и крупности частиц в сливе. Чем меньше диаметр гидроциклона, тем более точно осуществляется разделение частиц на фракции.

Тема 1.8 Дробильно-сортировочные заводы и установки

1. Назначение и классификация дробильно-сортировочных установок (ДСУ).

2. Технологические схемы стационарных и передвижных дробильно-сортировочных установок.

1. Назначение и классификация дробильно-сортировочных установок

Дробильно-сортировочная установка (рисунок 1) – это комплекс машин и оборудования, увязанных в единую технологическую схему по производительности.

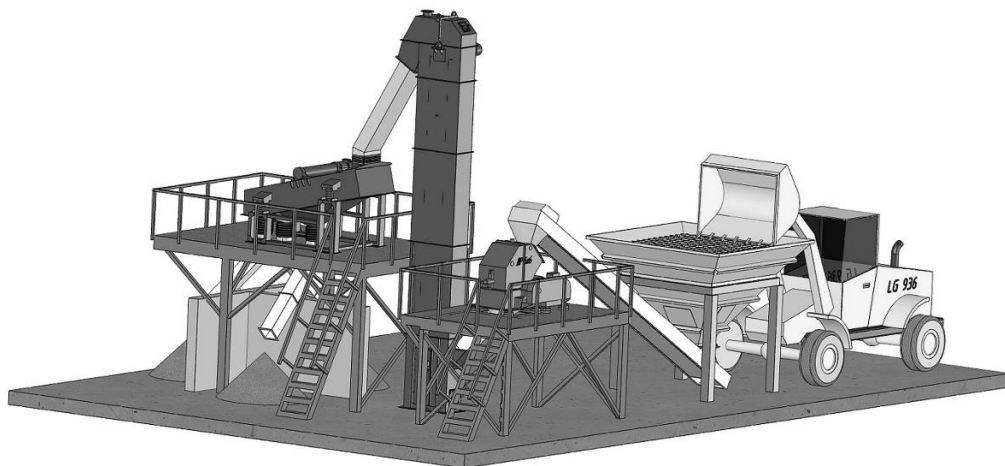


Рисунок 1 – Дробильно-сортировочная установка для получения щебня

Дробильно-сортировочные установки классифицируют по следующим основным признакам:

по производительности:

- установки малой производительности (до 50 – 100 тыс. м³/год);
- установки средней производительности (до 100 – 250 тыс. м³/год);
- установки (заводы) большой производительности (более 250 тыс. м³/год).

по мобильности:

- стационарные ДСУ (заводы) строятся на крупных месторождениях каменного материала, обеспечивающих его работу не менее чем на 25 лет (производительность таких заводов около 300 тыс. м³ в год и выше).

- полустационарные ДСУ могут эксплуатироваться на одном месте (например, при строительстве автомобильной дороги) в течение нескольких лет и представляют собой комплекс агрегатов (питатели, дробилки, грохоты), каждый из которых смонтирован на собственной раме с ходовыми колесами, а на месте работы в карьере эти агрегаты устанавливаются на фундаменты.

- передвижные дробильно-сортировочные установки (ПДСУ) – это временные предприятия, которые создаются на месторождениях малой мощности сроком на 1-3 года и представляющие собой комплект машин, смонтированных на одной или нескольких рамах, приспособленных для быстрой транспортировки с одного места эксплуатации на другое;

по рабочему циклу:

- дробильно-сортировочные установки, работающие по открытому циклу (каменный материал проходит через дробилку только один раз и полученный сверхмерный продукт повторному дроблению не подвергается);

- дробильно-сортировочные установки, работающие по замкнутому циклу (весь сверхмерный материал подвергается повторному дроблению и грохочению, т. е. он может проходить через дробилку несколько раз);

по числу стадий дробления:

- одностадийные ДСУ (каменный материал пропускается через одну или несколько параллельно установленных однотипных дробилок, после которых он поступает на сортировку; такие варианты применимы на заводах небольшой производительности и при условии, что поступающий для дробления камень имеет сравнительно небольшие размеры);

- многостадийное, обычно двух- или трехстадийное (сверхмерный материал направляется в другие дробилки: для первой стадии дробления устанавливаются щековые или конусные дробилки с крутым конусом, а для второй и третьей стадий – щековые дробилки со сложным движением щеки, конусные – с пологим конусом, валковые и молотковые дробилки).

Больше всего распространено двухстадийное дробление, однако для получения щебня, необходимого для изготовления железобетонных изделий, лучше всего применять трехстадийное и даже четырехстадийное дробление. На заводах большой производительности приходится устанавливать две и бо-

лее параллельно работающих однотипных дробилок. Поэтому различают одноступенчатую, двухступенчатую и трехступенчатую схемы заводов. Параллельно включенные на всех или какой-либо одной стадии дробления машины выдают продукт на один транспортер.

Оборудование на заводе может иметь горизонтальную (партерную) и вертикальную компоновку. В последнем случае каменный материал поднимается вверх один раз – в самом начале технологического процесса, а затем постепенно опускается вниз, последовательно проходя все стадии дробления и другие операции на отдельных агрегатах завода. При компоновке необходимо стремиться возможно более полно использовать рельеф местности с таким расчетом, чтобы продвижению материала способствовал его вес. Этому принципу будет соответствовать размещение грохота под дробилкой, дробилки второй стадии дробления — под грохотом и т. п. Дробление — весьма дорогой процесс, поэтому при разработке схемы технологического процесса необходимо стремиться к тому, чтобы не загружать дробилку мелкими фракциями, которые уже не подлежат дроблению. Поэтому перед каждой дробилкой целесообразно сортировать материал на грохоте, чтобы допускать в нее камень или щебень только таких размеров, которые исключают его непосредственное применение.

2. Технологические схемы стационарных и передвижных дробильно-сортировочных установок

Выбор технологической схемы ДСУ зависит от вида перерабатываемого сырья, его физических-механических свойств, требований к качеству и назначению готовой продукции. Технологический процесс производства щебня включает обычно 2-3 стадии дробления и 2 вида сортировки. Для обеспечения нормального режима работы ДСУ должна располагать соответствующей по производительности системой машин и оборудования.

Рассмотрим некоторые популярные варианты исполнения технологических схем стационарных и передвижных дробильно-сортировочных установок.

а) *Стационарная дробильно-сортировочная установка (завод) производительностью 500 тонн/час (рисунок 2).*

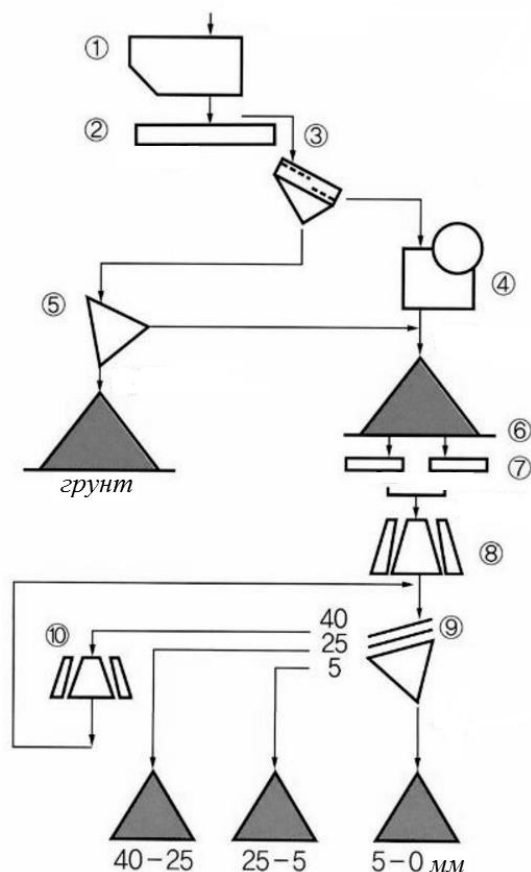


Рисунок 2 – Технологическая схема стационарной дробильно-сортировочной установки производительностью 500 тонн/час:

- 1 – приемный бункер; 2 – питатель; 3 – грохот; 4 – дробилка щековая; 5 – возвратный (промежуточный) грохот; 6 – материал (запас); 7 – питатель; 8 – конусная дробилка; 9 – виброгрохот; 10 – конусная дробилка

Горная масса из карьера транспортируется большегрузным самосвалом в приемный бункер 1, из которого питателем 2 подается на колосниковый грохот для предварительного сортирования 3. Питатели (цепные, пластинчатые, ленточные, шнековые и пр.) служат для обеспечения нормальной работы (равномерного питания) дробилок и грохотов: при излишках питания машина оказывается под завалом, а при недостатке питания машина работает с низкой производительностью. Материал верхнего класса подается в дробилку 4 для первичного дробления с шириной приемного отверстия 1500 мм и выходной щели – 250 мм. Материал нижнего класса из этого грохота, не требующий первичного дробления, подается транспортером на промежуточный (возвратный) грохот 5, который сортирует его на 2 класса: верхний класс вместе с материалом, поступившим от дробилки 4, поступает посредством двух питателей 7 в конусную дробилку 8 среднего дробления с размером выходной щели 40 мм; нижний класс образует нетоварную каменную мелочь (грунт). Дробленый материал из дробилки 8 поступает для второго сортирования на виброгрохот 9. Верхний класс из этого грохота поступает в дробилку мелкого дробления и далее снова на грохот, откуда товарный щебень разделенный на фракции, поступает на склады.

б) Передвижная дробильно-сортировочная установка (ПДСУ) производительностью 50 тонн/час (рисунок 3).

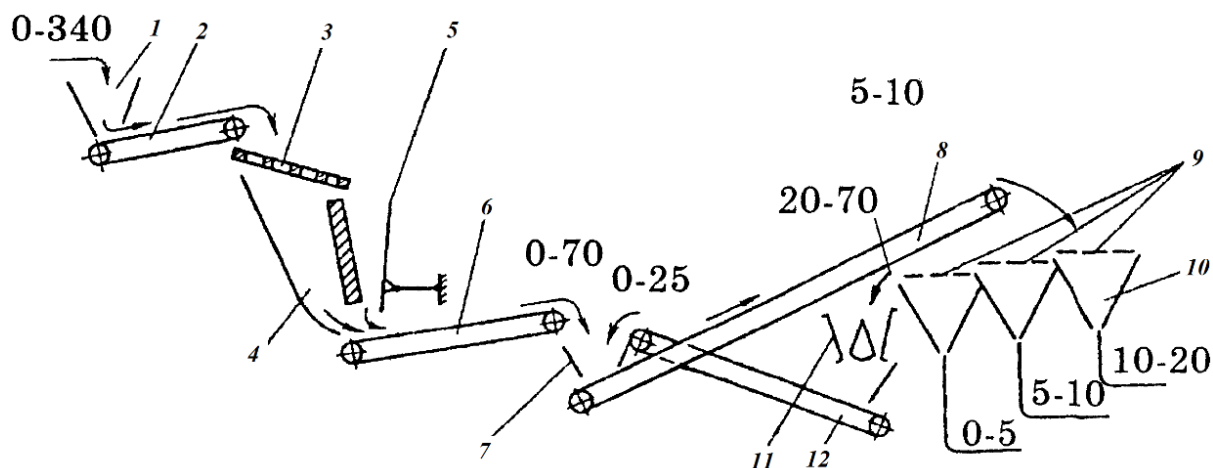


Рисунок 3 – Технологическая схема передвижной дробильно-сортировочной установки производительностью 50 тонн/час:

- 1 – бункер; 2 – питатель; 3 – колосниковая решетка; 4 – лоток;
 5 – щековая дробилка; 6,8,12 – конвейеры; 7 – приемная воронка; 9 – грохот;
 10 – бункеры; 11 – конусная дробилка

Исходная горная масса с кусками крупностью до 340 мм загружается экскаватором, погрузчиком или автосамосвалом в приемный бункер 2 (агрегат крупного дробления) и далее питателем 2 подается на наклонную колосниковую решетку 3. Материал, прошедший через решетку, попадает в лоток 4, а затем на конвейер 6. Крупный материал поступает в дробилку 5, где он измельчается и под собственным весом попадает также на конвейер 6. После этого материал через приемную воронку 7 конвейером 8 перемещается на виброгрохот 9: сошедший с верхнего сита грохота материал направляется на доизмельчение в конусную дробилку 11, дробится там и конвейером 12 доставляется в приемную воронку 7, а далее снова на конвейер 8 и на виброгрохот 9, т.е. осуществляется замкнутый цикл дробления. Материал, прошедший через верхнее и нижнее сита виброгрохота и рассортированный на фракции, поступает в соответствующие бункеры 10, а затем на склад готовой продукции или для загрузки.

Оборудование агрегатов смонтировано на рамах, которые при эксплуатации опираются на винтовые домкраты и установленных на переднюю одноосную и заднюю двухосную тележки с пневматическими колесами. Передняя тележка имеет поворотную опору с прицепным устройством для присоединения к тягачу. Установка может комплектоваться дизель-генераторной станцией, позволяющей эксплуатировать ПДСУ в районах, удаленных от линий электропередач.

Раздел II. Машины и оборудования для дозирования компонентов бетонных смесей и растворов, их приготовления и транспортирования

Тема 2.1 Дозаторы

1. Область применения и классификация дозаторов.
2. Устройство и принцип работы объемных и весовых дозаторов циклического и непрерывного действия.

1. Область применения и классификация дозаторов

Дозаторы (рисунок 1) – это агрегаты, обеспечивающие непрерывную или циклическую подачу материала в заданных по объему или массе количествах для составления сырьевых смесей в заданной пропорции. Они используются в стекольной, керамической и других отраслях промышленности строительных материалов. Особенно широко дозаторы используются для дозирования компонентов бетонной смеси перед ее перемешиванием в смесителях. Отклонение количества материала от заданной его дозы называется погрешностью дозирования, которая измеряется в процентах.

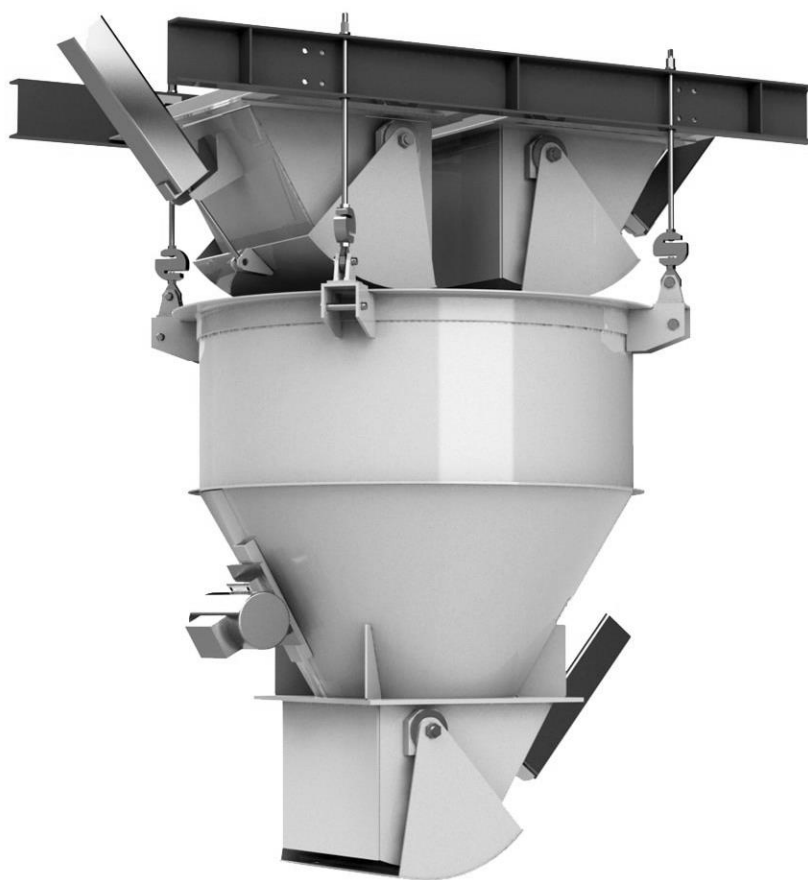


Рисунок 1 – Дозатор инертных материалов

По характеру действия дозаторы подразделяются на:

- *циклические* (отмеривание дозы происходит в мерной или весовой емкостях – бункерах; после отмеривания дозы материал высыпается из емкости и цикл дозирования повторяется вновь);

- *непрерывные* (материал подается непрерывным потоком с заданной объемной или массовой производительностью).

По принципу действия дозаторы делятся на:

- *объемные* (материал отмеривается по объему);

- *массовые* (материал отмеривается по массе);

- *смешанного действия* (один из компонентов смеси отмеривается по объему, а другой по массе, но таким образом, чтобы общая масса двух компонентов соответствовала заданной; такой способ используется, например, при отмеривании керамзита и песка при приготовлении керамзитобетона, при этом по объему дозируется керамзит).

Объемные дозаторы для сыпучих материалов просты по конструкции, но не обеспечивают необходимой точности дозирования компонентов бетонной смеси, которая согласно ГОСТу для вяжущих, воды и добавок составляет $\pm 2\%$, а для заполнителей $\pm 2,5\%$. Низкая точность объемных дозаторов обусловлена непостоянством физико-механических свойств (плотности, влажности и т. д.) сыпучих материалов. Кроме того, в циклических дозаторах точность существенно зависит от способа заполнения мерной емкости, высоты и скорости истечения материала, а в дозаторах непрерывного действия – от количества материала в бункере, под которым расположен дозатор. По указанным причинам при приготовлении бетонных смесей применяют объемное дозирование только для воды и растворов с химическими добавками, которые удовлетворяют требованиям по точности благодаря высокому постоянству их физико-механических свойств при температуре окружающей среды 10...25°C, т. е. в диапазоне изменения температуры на бетоносмесительных узлах.

Весовые дозаторы снабжены системой автоматического регулирования и сложны по конструкции. Но они дозируют сыпучие материалы с точностью, удовлетворяющей требованиям ГОСТа. По этой причине на современных бетоносмесительных установках дозирование вяжущих и заполнителя осуществляется только на весовых дозаторах.

По способу управления дозаторы могут быть:

- *с ручным управлением* (в циклических дозаторах открытие и закрытие затворов, подающих материал в бункера, производится вручную, а необходимая доза материала отмеривается весоизмерительным устройством; в дозаторах непрерывного действия их производительность регулируется вручную путем изменения толщины слоя материала на питателе или скорости его движения);

- *с дистанционным управлением* (все операции производятся с пульта управления: необходимые дозы при циклическом дозировании или производительность питателей при непрерывном дозировании достигаются и контролируются по циферблатным указателям);

- с автоматическим управлением (в циклических дозаторах все операции, включая загрузку материала в весовые бункера и выгрузку его, осуществляются без участия оператора; в автоматических дозаторах непрерывного действия регулирование производительности питателей осуществляется путем воздействия на толщину слоя транспортируемого материала или на скорость его движения).

2. Устройство и принцип работы объемных и весовых дозаторов циклического и непрерывного действия

а) объемные дозаторы циклического действия

При приготовлении бетонов и строительных растворов объемные дозаторы для сыпучих материалов применяются только для их дозирования в условиях строительной площадки для смесителей малой производительности с объемом готового замеса до 200 л. Они представляют собой мерные емкости (ящик и др.). Их загрузка и выгрузка производятся вручную. Дозирование воды рассмотрим на примере объемного дозатора сифонного типа (рисунок 2).

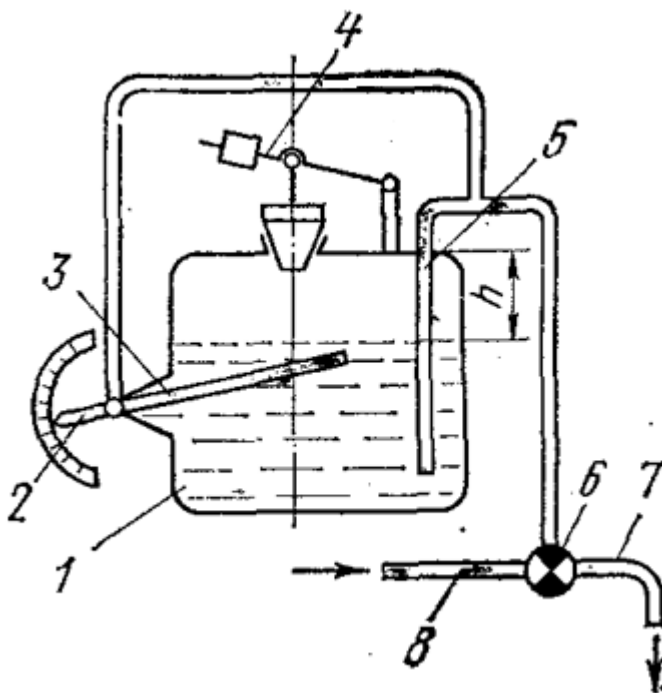


Рисунок 2 – Объемный дозатор сифонного типа:
1 – бачок; 2 – указатель уровня; 3 – воздухозаборная трубка; 4 – клапан;
5,7,8 – патрубки; 6 – золотник

В таких дозаторах первоначально трехпозиционный золотник 6 включается на подачу воды. Она подается в бачок 1 через патрубок 8 и сифонный патрубок 5. Вода подается до тех пор, пока она не начнет вытекать через клапан 4. После этого золотник 6 переключают на слив воды, который происходит через сифонный 5 и сливной 7 патрубки. Объем сливаемой воды определяется

высотой h положения конца воздухозаборной трубки 3, соединенной с указателем уровня 2. Это объясняется тем, что как только уровень воды достигнет конца воздухозаборной трубки 3, в сифонный патрубок 5 попадает воздух, и слив воды прекращается. Дозатор может работать в режиме ручного и автоматического управления. В последнем случае открытие клапана 4 подает сигнал на сервопривод золотника 6, который переводит его на слив. Сигнал на сервопривод золотника 6 для переключения его в положение заполнения бачка поступает от внешних устройств, сигнализирующих о том, что технологическая цепочка готова к приему следующей дозы воды.

б) весовые дозаторы циклического действия

Весовые дозаторы циклического действия могут дозировать либо один компонент (однокомпонентные), либо два компонента (двухкомпонентные) бетонной смеси. Процесс дозирования может осуществляться в одну стадию или в две последовательно выполняемые стадии – грубое и тонкое взвешивание. Грубое взвешивание происходит при максимальной производительности устройства, подающего материал в весовой бункер, а тонкое – при производительности в 5...10 раз сниженной. При грубом взвешивании набирается 93...96 % от заданной массы компонента, а при тонком оставшиеся 7...4 %.

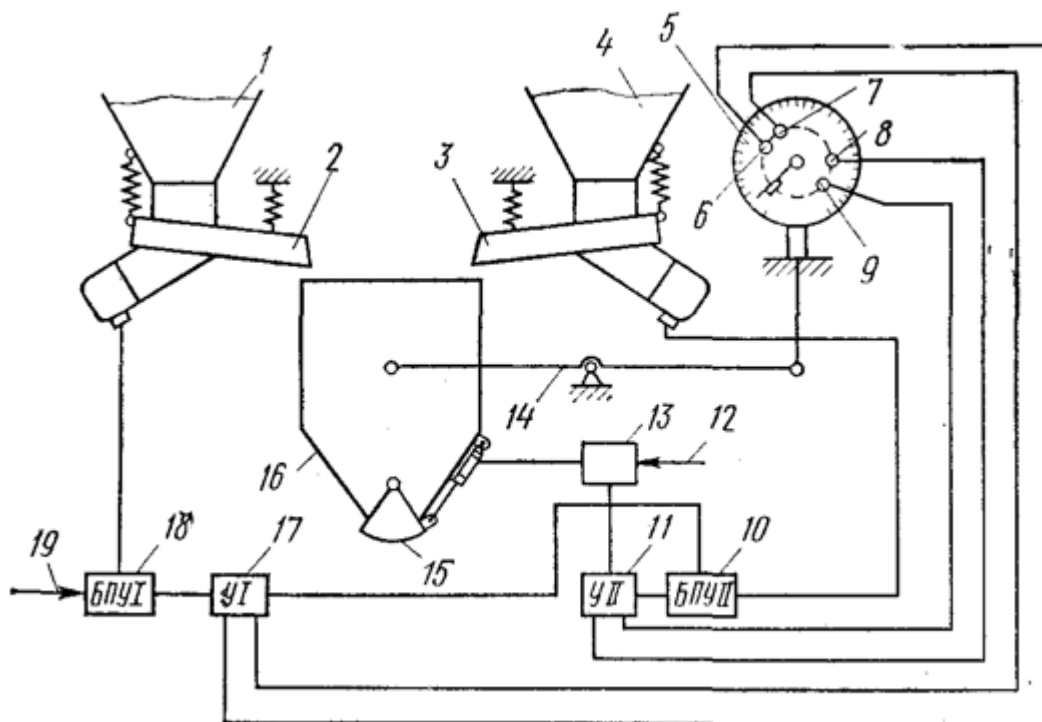


Рисунок 3 – Схема двухкомпонентного дозатора компонентов бетонной смеси

Двухкомпонентный дозатор (рисунок 3) последовательно дозирует два компонента сырьевой смеси в один весовой бункер 16. По линии 19 подается внешний сигнал с командой включения питателя 2 первого компонента. Питатель 2 с максимальной производительностью подает первый компонент из

бункера 1 в бункер 16. По мере увеличения массы первого компонента в бункере 16 через рычажную систему 14 происходит перемещение стрелки весоизмерительной головки 5. Когда стрелка достигнет датчика грубого взвешивания 6 первого компонента, что соответствует ~95% заданной массы первого компонента, он подает сигнал на усилитель 17, который, воздействуя на блоки питания и управления 18, уменьшит производительность питателя 2 примерно в 10 раз. Когда навеска первого компонента достигнет заданной массы, стрелка весоизмерителя 5 достигнет датчика тонкого взвешивания первого компонента 7. Последний подает сигнал на У1 (17), который выключит БПУ1 (18) и соответственно подачу материала питателем 2 первого компонента и включит БПУ2 (11). При этом питатель 3 начнет с максимальной производительностью подавать второй компонент в бункер 16. Далее грубое и тонкое дозирование второго компонента происходит так же, как и первого. После достижения стрелкой весоизмерителя 5 датчика тонкого взвешивания 9 второго компонента (что соответствует заданной массе второго компонента) он подает сигнал на У2 (11) и последний выключит БПУ2 (10) и питатель 3 и через электропневмозолотник 13 включит пневматический привод затвора 15. При этом навеска первого и второго компонентов поступит в технологическую линию. Вновь дозатор начнет работать после поступления следующего внешнего сигнала по линии 19. Датчики 6, 7, 8 и 9 могут устанавливаться в любой точке циферблатного указателя весоизмерительной головки 5. Таким образом, оператор имеет возможность при наладке дозатора установить любую необходимую величину навески первого и второго компонентов.

Однокомпонентные дозаторы принципиально работают так же, но имеют один бункер с компонентом и один питатель. Сигнал на опорожнение весового бункера и отключение питателя подается датчиком тонкого взвешивания. При дозировании компонентов в один этап датчики 6 и 8 (см. рис. 9.3) устанавливаются в положение, соответствующее 100 % массы обоих компонентов и выполняют все функции датчиков тонкого взвешивания 7 и 9. Вследствие простоты таких дозаторов они получили преимущественное распространение.

Принцип работы циклических дозаторов сохраняется при дозировании любых сыпучих и жидких материалов. Меняются лишь устройства для загрузки компонентов в весовой бункер и выгрузки их оттуда. Для песка, щебня, гравия могут использоваться, кроме указанных на рисунке 3 электромагнитных питателей 2 и 3, ленточные и различного рода затворы. При дозировании цемента роль питателей 2 и 3 выполняют барабанные питатели, аэрожелоба с заслонками, а также просто заслонки. При дозировании жидкостей должна обеспечиваться герметичность затворов.

в) весовые дозаторы непрерывного действия

Дозаторы непрерывного действия представляют собой питатель или их комбинацию, в которых автоматически поддерживается постоянная производительность. Производительность любого транспортирующего устройства непрерывного действия пропорциональна массе материала m_m , находящегося на

рабочем органе, и скорости его движения v . Следовательно, непрерывное дозирование, т. е. поддержание $\dot{M} = const$, при любых изменениях плотности материала можно осуществлять регулированием по массе материала или скорости его движения.

Измерение массы материала m_m производится путем его непрерывного взвешивания на главном элементе дозатора — весовом питателе. Чаще всего для этой цели используются ленточные питатели. Однако возможно использование для этой цели и других типов питателей, например винтовых.

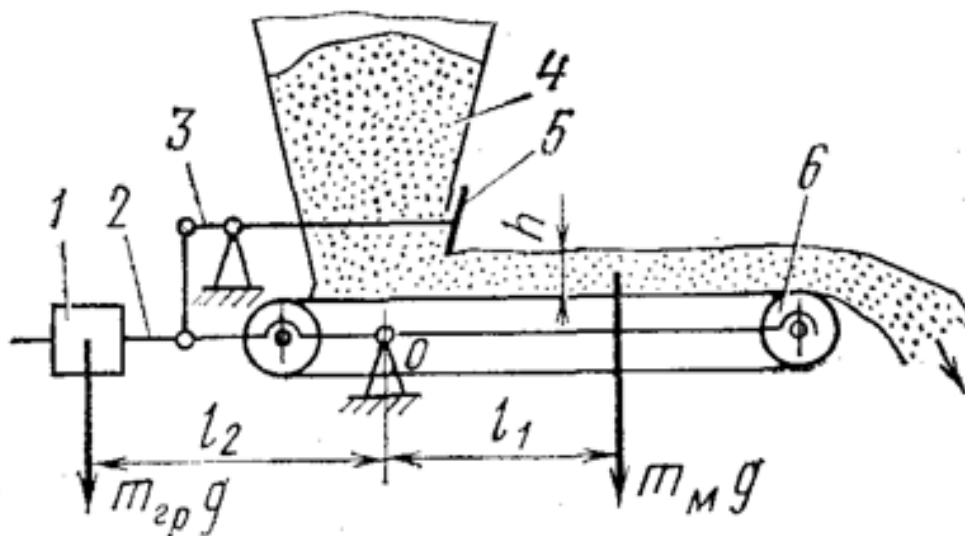


Рисунок 4 – Схема одноагрегатного дозатора с консольным весовым ленточным питателем и регулированием по массе:

- 1 – уравнивающий груз; 2 – консольная подвеска питателя; 3 – рычажная система привода шибер; 4 – бункер с материалом; 5 – шибер; 6 – ленточный питатель

На рисунке 4 представлена структурная схема простейшего одноагрегатного дозатора с регулированием по массе материала и $v = const$. Положение груза 1 на консольной подвеске 2 выбирается таким, чтобы $m_{гр} g l_2 = m_m g l_1$. Если плотность материала возрастает, то m_m увеличивается против заданной величины и консоль 2 поворачивается относительно точки O по часовой стрелке на некоторый угол. При этом рычажная система 3 опускает шибер 5 и соответственно уменьшает толщину слоя материала h , т. е. снижает m_m до заданного значения. Если плотность материала уменьшается, то все происходит в обратном порядке – шибер открывается и увеличивает m_m до заданного значения. Точность дозирования такого дозатора достаточно низка и составляет $\pm 2,5 \dots 3\%$.

г) объемные дозаторы непрерывного действия

Рассмотрим на примере дозатора воды (рисунок 5).

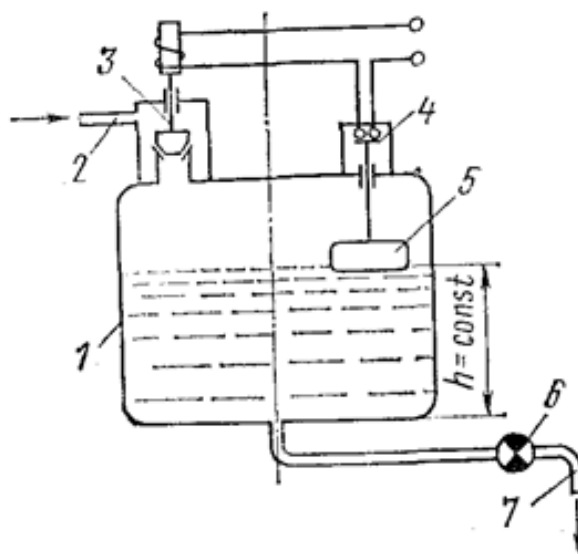


Рисунок 5 – Схема дозатора для воды непрерывного действия

Расход воды, проходящей через дозатор, определяется высотой ее уровня h и сопротивлением, создаваемым дросселем 6 в сливной трубе 7. Постоянство уровня воды h поддерживается поплавком 5, который при превышении данного уровня включает контакты 4 электромагнитного клапана 3, и последний перекрывает подачу воды в бак 1 через нагнетательный патрубок 2. При падении уровня воды h электромагнитный клапан 3 отключается поплавком 5 и контактами 4 и через патрубок 2 в бак 1 начинает поступать вода. Необходимый для технологического процесса мгновенный расход воды подбирается степенью открытия дросселя 6.

Тема 2.2 Теоретические основы процесса перемешивания

1. Назначение и способы перемешивания.
2. Критерии эффективности процесса смешивания.

1. Назначение и способы перемешивания

Перемешивание (смешивание) – процесс равномерного распределения отдельных компонентов (например, цемента, воды, песка и щебня) во всем объеме смеси (например, бетонной) под действием внешних сил. Процесс смешивания материалов зависит от конструкции смесителя и заключается в выравнивании концентраций каждого из компонентов смеси по всему объему рабочей камеры с образованием в конечном итоге однородной смеси.

По способу перемешивания смесительные машины можно разделить на:

- механические;
- газовые;
- комбинированные.

В зависимости от режима работы:

- смесители периодического действия;
- смесители непрерывного действия.

По технологическому назначению в зависимости от физического состояния перемешиваемых веществ смесительные машины разделяют на:

- 1) машины для перемешивания жидких смесей (например, шлама);
- 2) машины для перемешивания сухих порошковых и зернистых материалов с последующим увлажнением или без него;
- 3) машины для приготовления грубодисперсных суспензий (бетонных смесей, строительных растворов и др.). Они подразделяются на лопастные и гравитационные.

Машины, в которых перемешивание осуществляется при помощи лопастей и газовых потоков, называются *смесителями принудительного действия* (рисунок 1, а), а в которых материал перемешивается во вращающемся барабане в результате подъема и падения массы – *гравитационными* (рисунок 1, б).

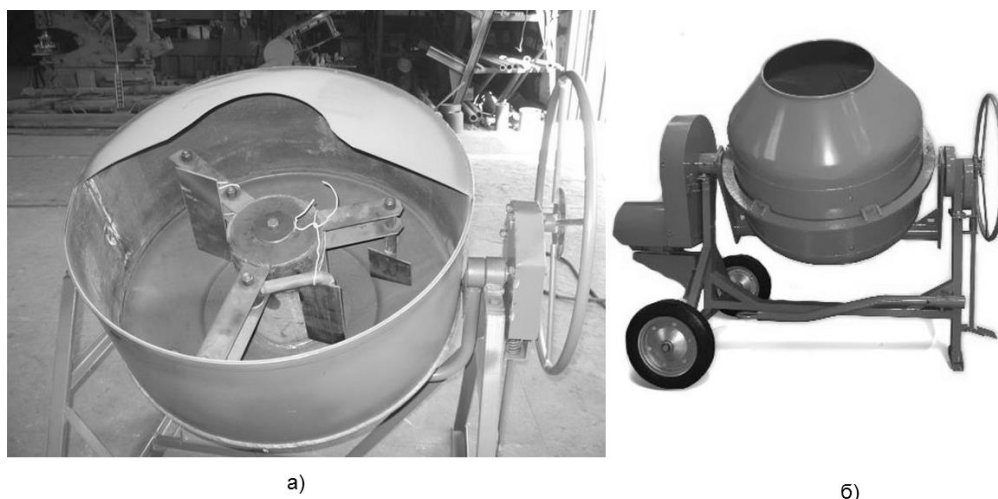


Рисунок 1 – Смесители:
а) принудительного действия; б) гравитационного действия

2. Критерии эффективности процесса смешивания

Наиболее важными характеристиками перемешивающих устройств, которые могут быть положены в основу их сравнительной оценки, являются *эффективность* перемешивающего устройства и *интенсивность* его действия.

Эффективность перемешивающего устройства характеризует качество проведения процесса перемешивания. Например, в процессах получения суспензий эффективность перемешивания характеризуется степенью равномерности распределения твердой фазы в объеме аппарата. На эффективность смешивания влияют плотность исходных компонентов, гранулометрический состав (форма, размеры, дисперсионное распределение по степени крупности

для неоднородных компонентов) частиц компонентов смеси, влажность компонентов, состояние поверхности частиц, силы трения и адгезии поверхности частиц и т.д.

Интенсивность перемешивания определяется временем достижения заданного технологического результата или числом оборотов мешалки при фиксированной продолжительности процесса (для механических мешалок). Чем выше интенсивность перемешивания, тем меньше времени требуется для достижения заданного эффекта перемешивания. Интенсификация процессов перемешивания приводит к уменьшению размеров проектируемой аппаратуры и увеличению производительности действующей.

В идеальном случае должна быть получена смесь, в которой в любой ее точке к каждой частице одного компонента примыкают частицы других компонентов, причем в количествах, которые определены заданным их соотношением. В действительности такого идеального расположения частиц практически не бывает, т. к. огромное число различных факторов влияет на их перемешивание. Возможно бесконечное разнообразие взаимного расположения частиц, поэтому соотношение компонентов в любых точках смеси будет случайной величиной. Поскольку законы взаимного расположения частиц для систем со многими случайными величинами весьма сложны, на практике статистический материал анализируют по одной случайной величине, т. е. по распределению одного из компонентов.

Для того чтобы оценить качество смешивания одной случайной величиной, смесь условно считают двухкомпонентной. Обычно выделяют один компонент, называемый ключевым, а все остальные объединяют во второй условный. Таким образом, в двухкомпонентной смеси случайной величиной x является содержание ключевого компонента в микрообъеме. К ключевому компоненту предъявляют такие требования: сравнительная простота определения его содержания в пробе; небольшое его количество; физические свойства должны отличаться от свойств остальных компонентов.

Наибольшее распространение в качестве критерия оценки качества смешивания получил *коэффициент вариации* (неоднородности):

$$k_g = \frac{100}{X} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - X)^2}{n-1}}$$

где X – среднее содержание ключевого компонента в пробах;

x_i – значение случайной величины x в i -ом опыте;

n – количество отобранных проб.

Смесь считается однородной, если в каждой пробе количество компонента x будет равно X , и тогда $k_g \rightarrow 0$. И наоборот, чем больше значение k_g , тем менее однородна смесь.

Тема 2.3 Механическое перемешивание материалов

1. Общие сведения о процессе и способах перемешивания материалов и классификация машин.

2. Устройство и принцип работы смесителей гравитационного и принудительного действия.

1. Общие сведения о процессе и способах перемешивания материалов и классификация машин

В производстве строительных материалов и изделий процесс перемешивания является одна из важнейших операций, от которой в значительной степени зависит качество выпускаемой продукции. Перемешивание должно обеспечивать однородность массы по ее составляющим, гранулометрическому составу и влажности. Качество приготовления смеси зависит от способа перемешивания, типа смесителя и режима его работы.

По технологическому назначению различают:

- а) бетоносмесители;
- б) растворосмесители.

По способу перемешивания смесительные машины бывают:

а) с перемешиванием при свободном падении материалов (рисунок 1, а): смесь перемешивается во вращающемся барабане, на внутренней поверхности которого укреплены лопасти, которые увлекают за собой материал и затем, сбрасывая, перелопачивают его;

б) с принудительным перемешиванием (рисунок 1, б): перемешивание производится в неподвижных или вращающихся емкостях, оборудованных горизонтально или вертикально расположенными лопастными валами;

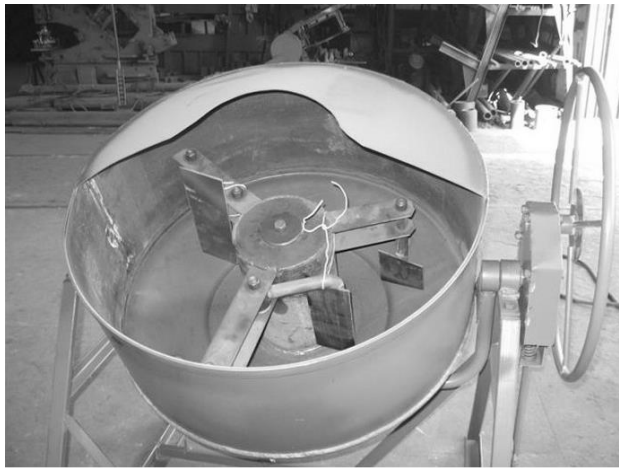
в) с вибрационным перемешиванием: смесь подвергается вибрационному воздействию посредством колебаний взаимодействующих поверхностей.

Машины первой группы лучше использовать для приготовления подвижных смесей и смесей с крупным заполнителем, машины второй и третьей групп – для приготовления жестких смесей.

По характеру работы различают смесительные машины

а) периодического действия (материалы загружаются отдельными дозами, причем каждая новая доза подается в барабан лишь после выгрузки из него приготовленной смеси, что позволяет регулировать продолжительность перемешивания и обеспечивать высокую точность дозирования);

б) непрерывного действия (дозирование, загрузка, перемешивание и разгрузка материалов осуществляются непрерывно; машины этой группы применяются на объектах большой производительности без частых переналадок с одной марки бетона на другую);



а)



б)

Рисунок 1 – Смесители:

а) принудительного действия; б) гравитационного действия

- по конструкции рабочих органов:

- а) гравитационные – с двухконусным и грушевидным барабаном;
- б) принудительного действия – тарельчатые (с вертикально расположенными смесительными валами) и лотковые (с горизонтально расположенными смесительными валами, как правило, одновальными).

- по способу перебазирования:

- а) передвижные;
- б) стационарные.

Наибольшее распространение получили цикличные смесители гравитационного действия с грушевидным барабаном и принудительного действия с вертикально расположенными смесительными валами (роторные и планетарно-роторные). Основными параметрами циклических смесителей являются *вместимость смесителя по загрузке* и *объем готового замеса*. Смесители непрерывного действия характеризуются *производительностью*, зависящей от его конструкции, режима работы и характеристик составляющих компонентов смеси.

2. Устройство и принцип работы смесителей гравитационного и принудительного действия

Рассмотрим некоторые наиболее распространенные конструкции смесителей гравитационного и принудительного действия.

В гравитационных смесителях исходные компоненты смеси поднимаются во вращающемся барабане (рисунок 2), на внутренней поверхности которого жестко закреплены лопасти, и затем под действием силы тяжести падают вниз. Процесс повторяется несколько раз, благодаря чему получается однородная по составу смесь. Загрузка исходных компонентов смеси производится через загрузочное отверстие в барабане, а разгрузка через разгрузочное отверстие или путем опрокидывания барабана.

Смесительный барабан представляет собой металлическую емкость в виде двух конусов, соединенных цилиндрической обечайкой, внутренняя поверхность которой снабжена футеровкой из сменных листов из износостойкой стали. В барабане на кронштейнах закреплены три передние и три задние лопасти. К цилиндрической обечайке барабана с внешней стороны на прокладках приварен зубчатый венец и к торцу переднего конуса – фланец. Траверса представляет собой сварную конструкцию коробчатого сечения, выполненную в виде полукольца с цапфами на концах. Цапфы с подшипниками закреплены на стойках и служат для поворота смесительного барабана. На траверсе смонтированы опорные и поддерживающие ролики, обеспечивающие вращение и удержание барабана при разгрузке. На наружной стенке левой стойки установлен пневмопривод. Опорный ролик, вращающийся в подшипниках, установлен на эксцентриковой оси, позволяющей регулировать положение роликов для нормального зацепления шестерни и зубчатого венца при монтаже и изнашивании роликов. Поддерживающие ролики также смонтированы в подшипниках на эксцентриковых осях, позволяющих регулировать зазор между коническими поверхностями зубчатого венца и ролика. Для смещения ролика в осевом направлении предусмотрены регулировочные шайбы.

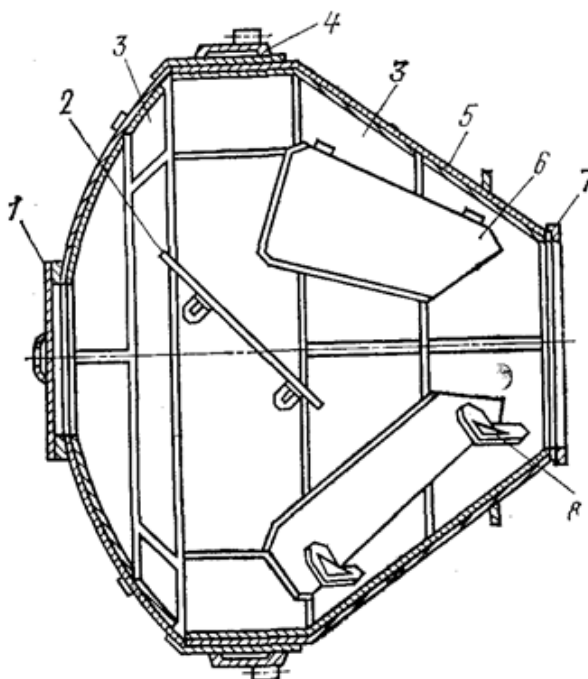


Рисунок 2 – Смесительный барабан:

- 1 – крышка; 2, 6 – задняя и передняя лопасти; 3 – футеровка;
4 – зубчатый венец; 5 – корпус; 7 – фланец; 8 – кронштейн

К преимуществам гравитационных смесителей относятся простота конструкции и кинематической схемы, возможность работы на смесях с наибольшей крупностью заполнителей (до 120...150 мм), незначительное изнашива-

ние рабочих органов, малая энергоемкость, простота в обслуживании и эксплуатации и низкая себестоимость приготовления смеси. Оптимальное время смешения в таких смесителях составляет 60 ... 90 с, а полный цикл, включая загрузку, смешение, выгрузку и возврат барабана в исходное положение – 90 ... 150 с.

Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-103 показана на рисунке 3.

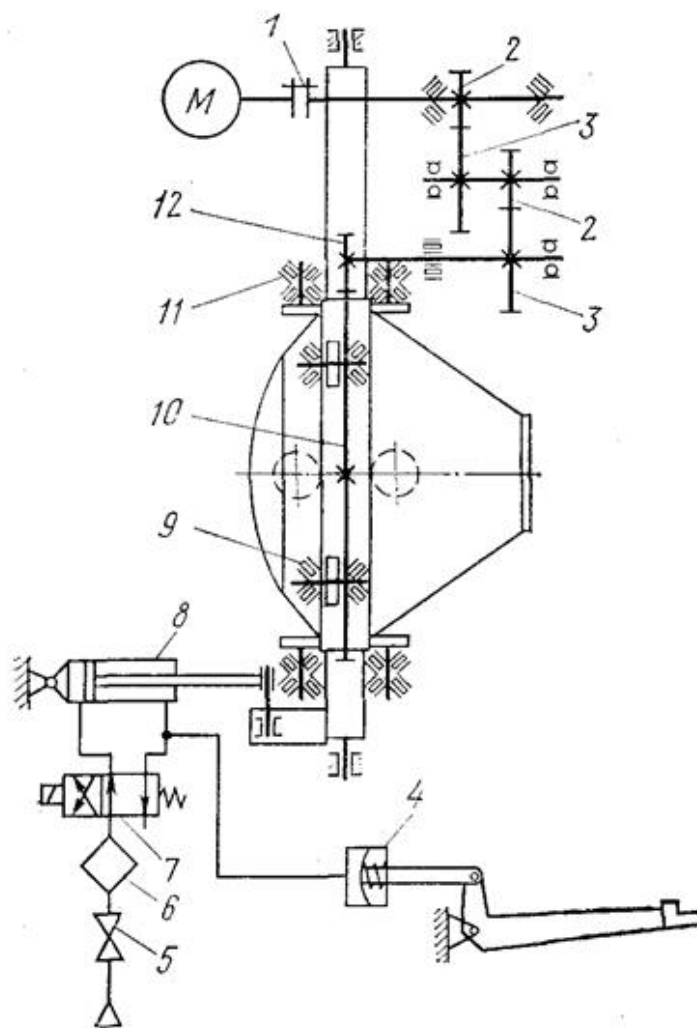


Рисунок 3 – Пневмокинематическая схема бетоносмесителя СБ-103:

- 1 – втулочно-пальцевая муфта; 2 – валы-шестерни; 3 – зубчатые колеса; 4 – запорное устройство; 5 – вентиль; 6 – маслораспылитель; 7 – воздухораспределитель; 8 – пневмоцилиндр; 9, 11 – подшипники опорного и поддерживающего ролика; 10 – зубчатый венец; 12 – зубчатая шестерня

Гравитационные бетоносмесители непрерывного действия (рисунок 4) являются встроенным оборудованием бетоносмесительных установок и предназначены для приготовлений бетонных смесей подвижностью 2 см и более и крупностью заполнителей до 70 мм. Их используют при возведении сооружений, где требуется большое количество одномарочного бетона (гидротехническое, дорожное и аэродромное строительство).

Конструктивная схема бетоносмесителя СБ-109 показана на рисунке 4.

Установка имеет следующие показатели: производительность – $120 \text{ м}^3/\text{ч}$; частота вращения барабана – $0,3 \text{ с}^{-1}$; диаметр барабана – 1600 мм ; масса – 6300 кг .

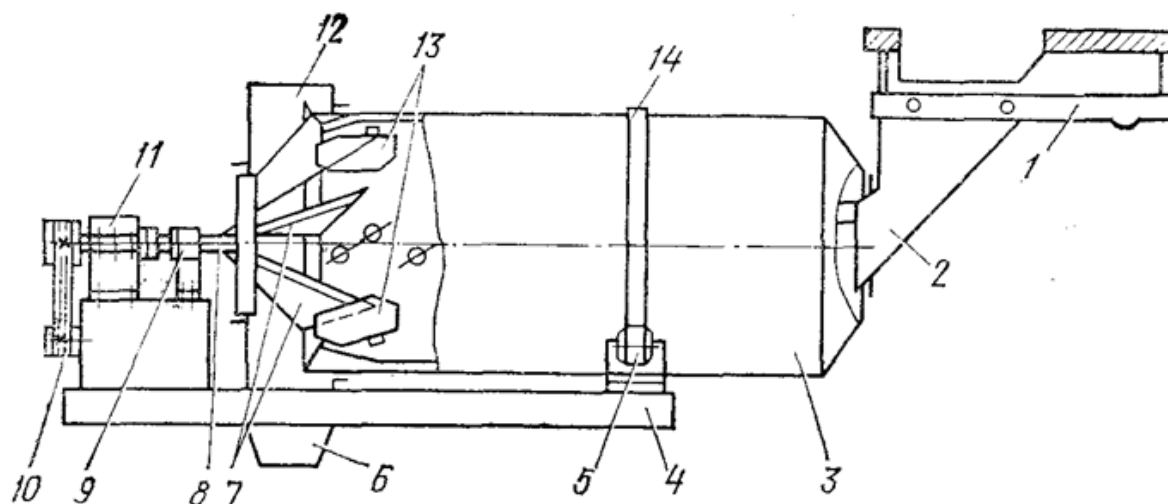


Рисунок 4 – Гравитационные бетоносмесители непрерывного действия СБ-109:
1 – балка; 2, 6 – загрузочный и разгрузочный лотки; 3 – барабан; 4 – рама; 5 – роликовая опора; 7 – ребра жесткости; 8 – вал; 9 – подшипник; 10 – клиноремennая передача; 11 – редуктор; 12 – кожух; 13 – смесительные лопасти; 14 – бандаж

Смесители принудительного действия с вертикально расположенными валами применяют для приготовления бетонных и растворных смесей практически любой подвижности и жесткости. Загруженные в смеситель исходные материалы смешиваются лопастями, вращающимися вокруг центральной оси. Готовая смесь выгружается через отверстие, расположенное в днище корпуса.

К преимуществам смесителей принудительного действия относятся меньшая по сравнению с гравитационными продолжительность смешения и, следовательно, более высокая производительность, предотвращение комкования смеси. Оптимальное время смешения равно $30...60 \text{ с}$, а полный цикл – $75...120 \text{ с}$. К недостаткам смесителей относятся ограничение крупности заполнителей; значительное изнашивание рабочих органов (лопастей и футеровки корпуса), обусловленное более высокой скоростью их воздействия на материал; более высокие энергоемкость и себестоимость приготовления смеси.

Из смесителей принудительного действия с вертикально расположенными смесительными валами наиболее распространены роторные циклические смесители ввиду несложности конструкции и удобства обслуживания их при эксплуатации. Они предназначены для приготовления бетонных смесей и раствора любой подвижности и жесткости как в большом, так и в малом объемах и могут применяться самостоятельно и в комплекте оборудования бетонных заводов и бетоносмесительных цехов заводов сборного железобетона.

Кинематическая схема бетоносмесителя СБ-80А показана на рисунке 5.

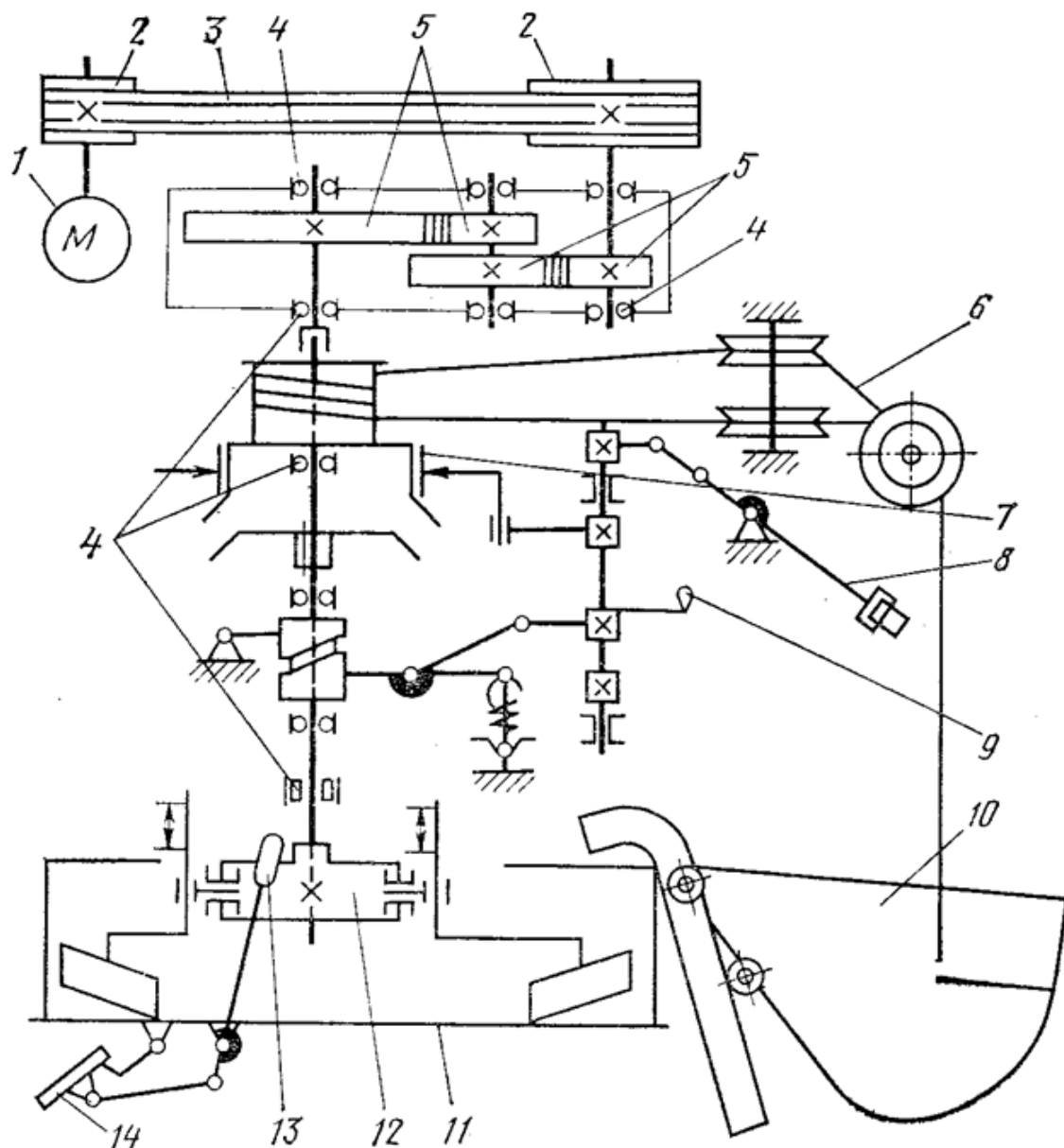


Рисунок 5 – Кинематическая схема бетоносмесителя СБ-80А:

- 1 – электродвигатель; 2 – шкивы; 3 – клиновой ремень; 4 – подшипники качения;
 5 – зубчатые колеса; 6 – канат; 7 – тормоз ленточный; 8 – отбойный рычаг; 9 – рукоятка
 управления тормозом и муфтой скипового подъемника; 10 – ковш; 11 – корпус-чаша;
 12 – смешивающее устройство; 13 – рукоятка затвора; 14 – затвор

Роторный бетоносмеситель СБ-80А состоит из корпуса-чаши 11, смешивающего устройства 12, рамы, вертикального вала 4, привода, ковша 10, механизма управления скиповым подъемником, затвора 14, системы водопитания и рамы скипового подъемника. Корпус-чаша, футерованная износостойкой сталью, установлена на раме. К ней прикреплены затвор разгрузочного устройства и рама скипового подъемника. В смешивающем устройстве кроме рабочих лопастей имеются наружная и внутренняя очистные лопасти, жестко закрепленные на кронштейнах. Рабочие лопасти установлены на кронштейнах с помощью рессорных амортизаторов. При попадании инородного тела между

днищем и рабочими лопастями последние поворачиваются. Вертикальный вал служит для передачи движения смешивающему устройству, а также для подъема и опускания ковша скипового подъемника. Тормозной шкив и корпус, соединенные с валом скользящей шпонкой, образуют фрикционную муфту. Вращаясь вместе с валом, конус фрикциона может перемещаться в осевом направлении. Ковш поднимается и опускается с помощью фрикционной муфты, управляемой рукояткой.

При включении электродвигателя 1 смешивающее устройство 12 начинает вращаться. Во время нажатия тормозного шкива на конус фрикциона муфты начинает вращаться барабан, поднимая ковш скипового подъемника 10. При размыкании фрикционной муфты после выгрузки исходных компонентов ковш под действием силы тяжести опускается.

Бетоносмесители непрерывного действия с горизонтальными смесительными валами (рисунок 6) относятся к смесителям принудительного действия и предназначены для приготовления жестких и подвижных бетонных смесей и могут быть использованы при производстве строительных растворов. В конструктивном исполнении смесители почти одинаковы и отличаются производительностью, размерами, формой рабочих органов и конструкцией разгрузочных устройств.

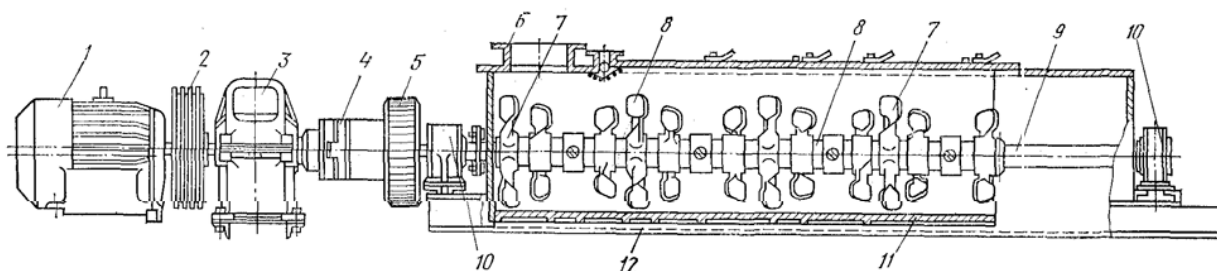


Рисунок 6 – Бетоносмеситель непрерывного действия СБ-75:

- 1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – редуктор; 4 – муфта;
5 – зубчатая передача; 6 – загрузочный патрубок; 7 – лопасти; 8 – втулка; 9 – вал;
10 – подшипниковые опоры; 11 – износостойкая футеровка; 12 – корпус

Бетоносмеситель СБ-75 состоит из привода, рамы, корыта и двух лопастных смесительных валов. В состав привода входят электродвигатель, клиноременная передача, редуктор, уравнивательная муфта и зубчатая передача. Корпус бетоносмесителя сварной конструкции и представляет собой горизонтальную корытообразную емкость, внутри футерованную отдельными пластинами из износостойкого материала. Смесительные лопасти развернуты так, что с осью вала образуют угол в 45° . Фиксация лопастей осуществляется распорными втулками. Взаимное расположение лопастей на валах и их поворот образуют прерывистую винтовую поверхность. Валы устанавливаются в упорных подшипниках для восприятия осевых нагрузок. Зубчатая передача обеспечивает синхронное противоположное вращение валов с лопастями.

Сырьевые компоненты смеси загружаются через воронку, смешиваются и разгружаются в конце корпуса в транспортное устройство или в промежуточную емкость (копильник). Сверху корпус установки закрывается крышкой. Смесители аналогичной конструкции применяются для приготовления силикатных, керамических и других строительных смесей.

Циклические растворосмесители с горизонтальными валами относятся к смесителям принудительного действия и предназначены для приготовления строительных растворов на месте их использования.

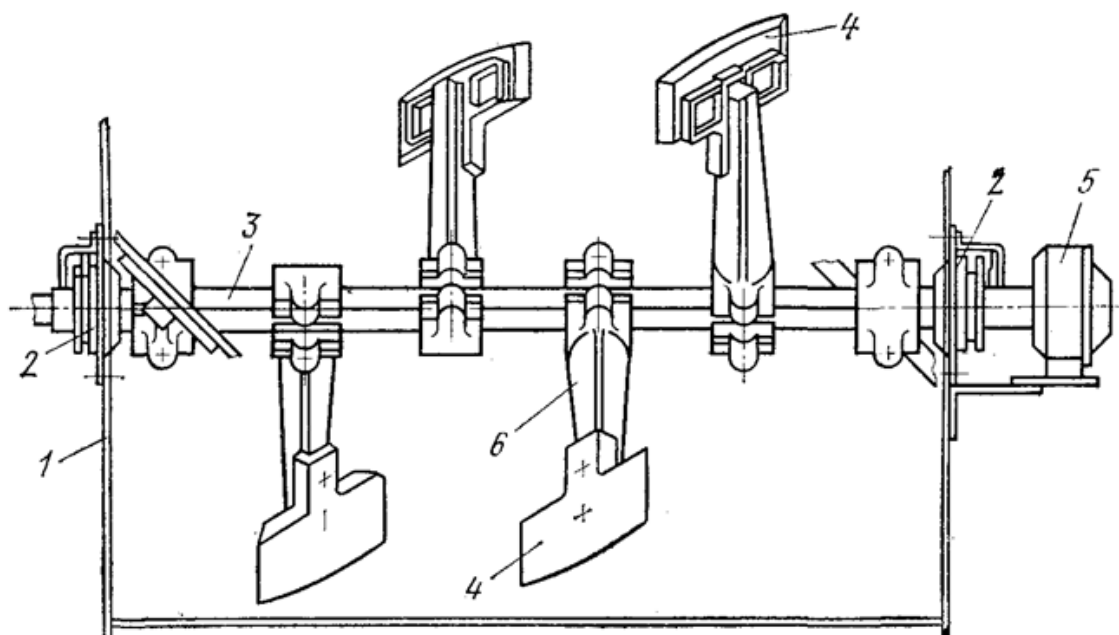


Рисунок 7 – Смесительный вал в сборе циклического растворосмесителя принудительного действия:

1 – корпус; 2 – уплотнительное устройство; 3 – вал; 4 – лопасть; 5 – подшипниковая опора; 6 – загрузочный патрубок; 6 – кронштейн (лопастедержатель)

Смешивающее устройство (рисунок 7) включает в себя вал, на котором закреплены кронштейны с лопастями. Загрузочный ковш с помощью каната, наматываемого на два барабана, закрепленных на валу, может подниматься и опускаться. Вал опирается на два подшипника скольжения. На один конец вала посажена звездочка с корпусным фрикционом, на другой – тормозной шкив. При включении фрикциона поворотом рычага управления влево до отказа ковш поднимается и, дойдя до упора, разгружается. После разгрузки ковш опускается под действием силы тяжести. Затвор для выгрузки раствора состоит из крышки, рычагов шарнирной подвески, вала, системы рычагов закрытия и рычага управления затвором. При закрывании затвора рычаг на оси поворота переходит так называемую «мертвую» точку на $1...3^\circ$. Для плотного прилегания затвора к корпусу установлено резиновое уплотнение. Плотность прилегания затвора регулируется муфтой.

Тема 2.4 Пневматическое и пневмомеханическое перемешивание материалов

1. Область применения пневматического и пневмомеханического перемешивания материалов.

2. Устройство и принцип действия виброгазобетонмешалок и пневмомеханических гомогенизаторов порошковых смесей.

1. Область применения пневматического и пневмомеханического перемешивания материалов

Пневматическое и пневмомеханическое перемешивание материалов используется для приготовления ячеистой массы (например, ячеистого бетона) в производстве газосиликатных изделий (рисунок 1).



Рисунок 1 – Газосиликатные блоки

Ячеистый бетон – это искусственный пористый материал на основе минеральных вяжущих и кремнеземистого компонента, содержащий равномерно распределенные поры и капилляры. Пористость ячеистого бетона составляет до 85...90 % объема.

По назначению бетоны подразделяют на:

- а) теплоизоляционные (плотность 250...400 кг/м³);
- б) теплоизоляционно-конструкционные (плотность 500...900 кг/м³);
- в) конструкционные (плотность 1000...1200 кг/м³);
- г) специальные (звукоизоляционные, жаростойкие и др.)

По виду порообразователя различают:

а) газобетоны (вспучивание бетонной смеси осуществляется введением газообразователя);

б) пенобетоны (осуществляется смешивание минеральной композиции со специально приготовленной пеной);

в) аэрированные бетоны (вовлечение в минеральную композицию воздуха при перемешивании).

Образовавшиеся поры представляют собой замкнутые ячейки диаметром 1...2 мм, разделенные тонкими стенками затвердевшей бетонной смеси.

Для приготовления ячеистого газобетона можно использовать виброгазобетонотомешалки.

При изготовлении силикатных изделий необходимо проводить тщательное усреднение смеси. Наиболее эффективно этот процесс происходит при перемешивании массы, находящейся во взвешенном состоянии. Взвешенное состояние смеси может быть получено механическим способом благодаря подбору соответствующих режимов и траекторий движения рабочих органов или продувкой воздуха через порошок с определенной скоростью. При достижении критической скорости частицы порошка становятся подвижными, приобретая свойства псевдожидкостей. Для разрушения каналов (свищей), которые могут образоваться в порошке и нарушить эффект аэрации обычно применяют дополнительное механическое воздействие лопастными мешалками. Такие устройства называют пневмомеханическими гомогенизаторами.

2. Устройство и принцип действия виброгазобетонотомешалок и пневмомеханических гомогенизаторов порошковых смесей

Схема виброгазобетонотомешалки показана на рисунке 2.

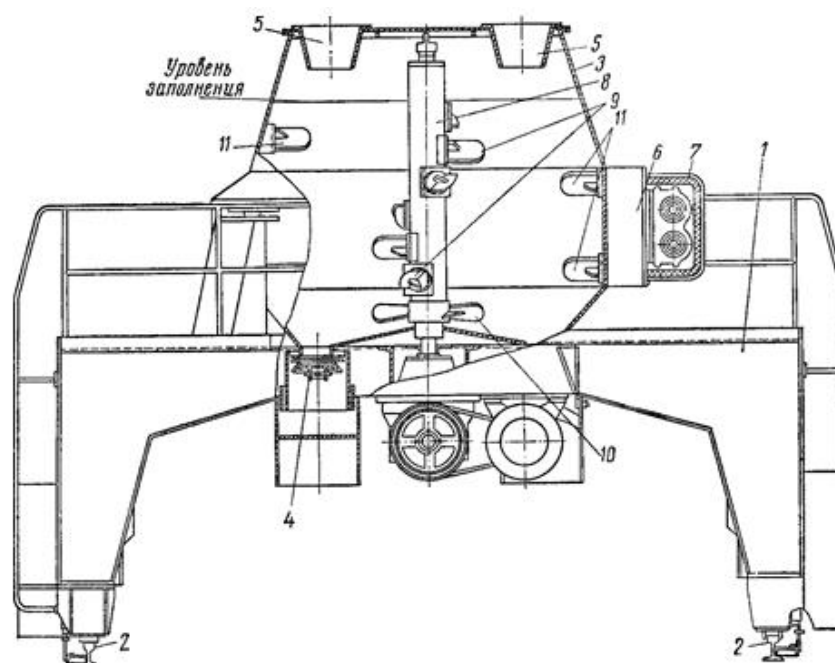


Рисунок 2 – Конструктивная схема виброгазобетонотомешалки:
1 – портал; 2 – рельс; 3 – барабан; 4 – затвор; 5 – воронка; 6 – коробка; 7 – вибратор;
8 – лопастной вал; 9 – подвижные лопасти; 10 – пропеллерная лопасть;
11 – неподвижные лопасти

Виброгазобетономешалка представляет собой самоходную установку, состоящую из портала 1, перемещающегося по рельсам 2. На портале закреплен барабан 3, в нижней части которого смонтированы два сливных патрубка с затворами 4. Через воронку 5 осуществляется подача компонентов смеси в корпус, к наружной цилиндрической части которого приварены пояса с ребрами жесткости, образующие замкнутую коробку 6, на которой закреплены вибраторы 7. По оси корпуса установлен приводной вал с закрепленным на нем трубчатым лопастным валом 8. Подвижные лопасти 9 и неподвижные лопасти 11 установлены под углом 45° . В нижней части лопастного вала смонтирована пропеллерная лопасть 10. Лопасти 11 предназначены для интенсификации процесса перемешивания и предотвращения прямолинейного вращения смеси относительно оси корпуса.

Привод лопастного вала включается после поступления на пульт управления сигнала о готовности машины к загрузке. Затем в смеситель подается сначала необходимое количество шлама и воды, а затем вяжущее. С момента подачи вяжущего происходит автоматическое включение вибраторов, а по истечении 1 мин в смесь вводится алюминиевая суспензия. После этого виброгазобетономешалка при включенном лопастном вале и вибраторах начинает перемещаться в сторону форм и занимает исходное положение над формой. Далее включается привод передвижения портала и открываются затворы 4, благодаря чему виброгазобетономешалка передвигается над формами и осуществляет их равномерное заполнение. Виброгазобетономешалка возвращается в исходное положение под загрузку после заполнения ячеистой массой форм.

Схема пневмомеханического гомогенизатора показана на рисунке 3.

Гомогенизатор представляет собой резервуар 4 диаметром 3 м высотой 10 м, в котором установлен вал 2 с четырьмя ярусами лопастей 3. Вал приводится во вращение приводом 1, состоящим из электродвигателя, редуктора, конической зубчатой пары и шарнирной муфты 9. Для фиксации положения вала в корпусе его составные части установлены в подшипниках 5 с пористыми втулками, в которые подается сжатый воздух, благодаря чему обеспечивается их надежная работа в запыленной среде. Днище корпуса футеровано кассетами 6, представляющими собой распределительные коробки, которые закрыты сверху пористыми диафрагмами из нескольких слоев ткани, покрытых защитными сетками. Снизу в кассеты подается сжатый воздух под давлением около 0,2 МПа, что обеспечивает скорость восходящих потоков $0,01 \div 0,06$ м/с. Лопастной вал вращается с угловой скоростью $1,8 \div 2,0$ рад/с, в результате чего разрушаются свищи и обеспечивается устойчивое взвешенное состояние материала.

Для повышения эффекта усреднения предусматривается чередование подачи воздуха в кассеты по определенной программе, в результате чего создаются дифференцированные потоки. Готовый продукт выгружается через патрубок 7. Для контроля за процессом усреднения гомогенизатор оборудован

тремя пробоотборниками 8. Проба отбирается специальной гильзой, вводимой в резервуар при помощи стержня.

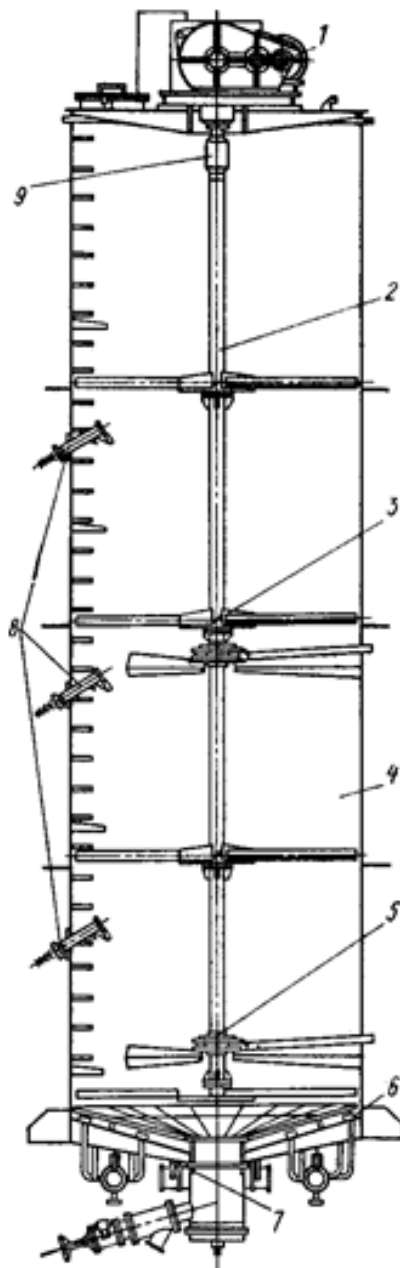


Рисунок 3 – Конструктивная схема пневмомеханического гомогенизатора:
1 – привод; 2 – вал; 3 – лопасти; 4 – резервуар; 5 – подшипники; 6 – футеровка;
7 – патрубок; 8 – пробоотборники; 9 – шарнирная муфта

Тема 2.5 Машины и оборудование для транспортирования и подачи бетонных и растворных смесей

1. Разновидности машин и оборудования для транспортирования и подачи на бетонных и растворных смесей.

2. Устройство и принцип работы бетоно- и автобетононасосов, растворонасосов и автобетоносмесителей.

1. Разновидности машин и оборудования для транспортирования и подачи бетонных и растворных смесей

Транспортирование смеси – это перевозка ее от смесительного узла или установки к объекту. Перемещение в пределах объекта до места укладки называют *подачей смеси*. Правильно запроектированная и осуществленная транспортировка в значительной мере определяет качество смеси в момент ее укладки в конструкцию.

При несоблюдении правил перевозки и подачи смеси в бетонируемые конструкции она теряет однородность и расслаивается: наиболее тяжелые составляющие бетонной смеси (гравий, щебень, песок) оседают, а на поверхность выступает цементное молоко. Поэтому нарушается заданная подвижность и снижается удобоукладываемость. Это обуславливает необходимость систематического контроля за транспортированием и подачей бетонной смеси в конструкции. Работники строительной лаборатории должны следить за тем, чтобы транспортирование бетонной смеси от места ее приготовления к местам укладки осуществлялось с наименьшим числом перегрузок.

От центрального бетоносмесительного узла до строящегося объекта бетонную смесь следует транспортировать специализированными средствами: автобетоносмесителями (рисунок 1) или автобетоновозами. Бетонную смесь разрешается перевозить в самосвалах, бункерах и бадьях, установленных на автомобилях или железнодорожных платформах.

Применяемые способы транспортирования должны исключать возможность попадания в смесь атмосферных осадков, нарушение однородности смеси, потерю цементного раствора, а также обеспечивать предохранение смеси в пути от вредного воздействия ветра и солнечных лучей.



Рисунок 1 – Автобетоносмеситель

Для перемещения смесей в пределах строительной площадки успешно используется трубопроводный транспорт. Его основным технологическим преимуществом является возможность бесперегрузочной подачи смеси по горизонтали и вертикали. Транспортировка по трубопроводам облегчает подачу смеси в густоармированные конструкции и труднодоступные для других средств механизации участки. Она наиболее эффективна при больших объемах работ, исключая частые перерывы. Трубопровод предохраняет окружающую среду от загрязнения, а транспортируемый материал - от неблагоприятного влияния среды. Он может быть уложен в обход препятствий. Подача бетонных и растворных смесей по трубопроводам осуществляется *бетоно- и растворонасосами с пневматическим или гидравлическим приводом. Пневмонагнетатели* применяют преимущественно на объектах с небольшими объемами работ при расстоянии подачи смеси 120-150 м. Несмотря на простоту и невысокую стоимость пневмонагнетателей, они не получили широкого распространения из-за цикличности работы, необходимости компрессорной установки и мощного ресивера. Они были вытеснены более совершенными *бетоно- и растворонасосами с гидроприводом*.

Бетононасосы (рисунок 2, а) предназначены для приема свежеприготовленной бетонной смеси от специализированных бетонотранспортных средств и подачи её к месту укладки в горизонтальном и вертикальном направлениях. Они могут применяться для строительства гидросооружений, энергетических станций, дорог, тоннелей, мостов, портовых сооружений, высотных зданий, при железнодорожном строительстве и пр. Основными типами бетононасосов, используемых в строительстве, из-за своей простоты и надежности являются поршневые гидравлическим приводом, реже – с механическим. Основные преимущества поршневых насосов с гидроприводом по сравнению с насосами с механическим приводом - незначительные динамические нагрузки на механизмы, детали насоса и бетоновода, а также гарантированное максимальное давление, превышение которого исключается, - способствует их надежности.



Рисунок 2 – Оборудование для подачи смесей на строительном объекте:
а) бетононасос; б) растворонасос

Бетононасосы разделяют на два типа:

- передвижные (автобетононасосы) (рисунок 3), предназначенные для подачи свежеприготовленной смеси в горизонтальном и вертикальном направлениях к месту укладки при возведении сооружений из монолитного бетона и железобетона. Они представляют собой самоходные мобильные бетонотранспортные машины, состоящие из базового автошасси, бетононасоса с гидравлическим приводом и шарнирно сочлененной стрелы с бетоноводом для распределения бетонной смеси в зоне действия стрелы во всех ее пространственных положениях.

- стационарные.



Рисунок 3 – Автобетононасос

Растворонасосы (рисунок 2, б) предназначены для приема, просеивания, транспортирования и нанесения строительных и штукатурных растворов на поверхность при выполнении отделочных работ на строительном участке. Подвижность транспортируемого раствора должна быть не менее 7 см, т.к. при ее снижении дальность подачи раствора и производительность растворонасоса уменьшаются.

Растворонасосы классифицируются по следующим основным признакам:

- по способу воздействия вытеснителя на раствор:

- а) диафрагменные;
- б) поршневые;
- в) винтовые.

- по направлению движения раствора в рабочей камере при всасывании:

- а) противоточные (направление движения раствора при всасывании противоположно его силе тяжести);

б) прямоточные (направление движения раствора при всасывании совпадает с направлением его силы тяжести).

Преимущественное распространение получили противоточные растворонасосы, т.к. в прямоточных растворонасосах выделяющийся при всасывании свободный воздух скапливается в верхней части камеры, тем самым ухудшая условия всасывания.

2. Устройство и принцип работы бетоно- и автобетононасосов, растворонасосов и автобетоносмесителей

Рассмотрим конструкции и принцип работы машин и оборудования для транспортирования и подачи на бетонных и растворных смесей.

А) Автобетоносмеситель (рисунок 4).

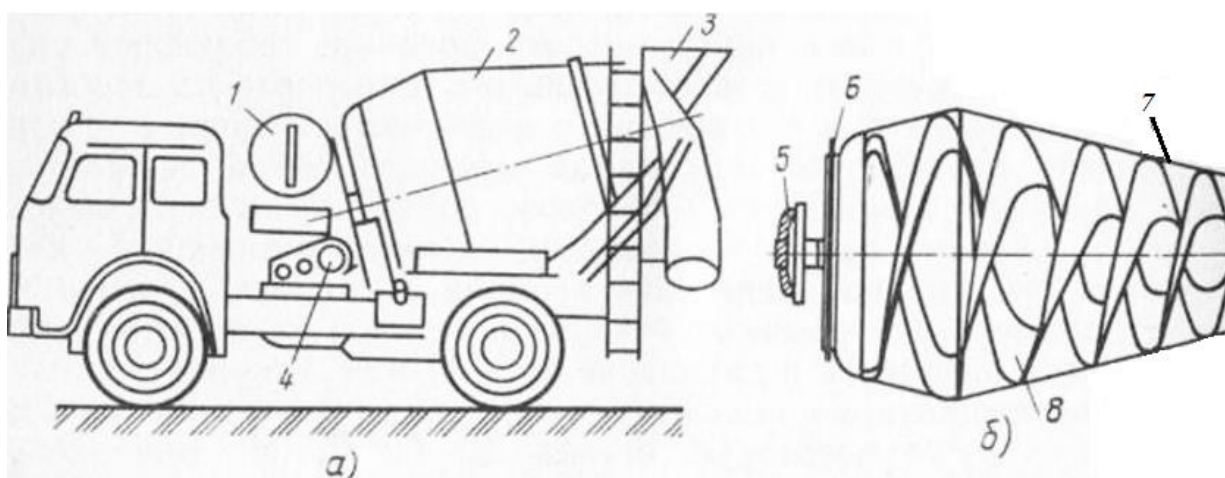


Рисунок 4 – Конструктивная схема автобетоносмесителя:

а) общий вид; б) смесительный барабан:

1 – бак для воды; 2 – барабан; 3 – загрузочно-разгрузочное устройство; 4 – привод;

5 – опорная цапфа; 6 – приводная звездочка; 7 – бандаж; 8 – лопасти

Описание схемы: автобетоносмеситель смонтирован на шасси грузового автомобиля. Рабочее оборудование включает раму, смесительный барабан 2 с загрузочно-разгрузочным устройством 3, механизм вращения барабана 4 и 6, дозировочно-промывочный бак 1, водяной центробежный насос и систему управления оборудованием. Смесительный барабан имеет три опорные точки и наклонен к горизонту под углом 15° . Загрузочно-разгрузочное устройство 3 состоит из загрузочной и разгрузочной воронок и складного лотка 7. На внутренней поверхности барабана укреплены две спиральные лопасти 8, угол наклона которых подобран таким образом, что при вращении в одном направлении компоненты смеси попадают в нижнюю часть барабана, где происходит их гравитационное перемешивание, а при вращении в обратную сторону лопасти подают готовую смесь к приемному лотку. Вращение барабану 9 сообщается от индивидуального дизельного двигателя через реверсивный зубчатый

редуктор и цепную передачу, ведомая звездочка 6 которой жестко прикреплена к сферическому днищу барабана 2, опирающегося спереди на раму шасси центральной цапфой 5, а сзади - гладким бандажом 7 на опорные ролики (во многих современных моделях привод барабана осуществляется от гидромотора через планетарный редуктор; питание гидромотора осуществляется от регулируемого реверсивного гидронасоса, получающего вращение от коробки отбора мощности через карданный вал). Заданная порция воды подается в смесительный барабан из дозирочного-промывочного бака 1 центробежным насосом через сопло в загрузочной воронке 3. Через то же сопло производится промывка барабана водой после разгрузки.

Б) Поршневой бетононасос (рисунок 5).

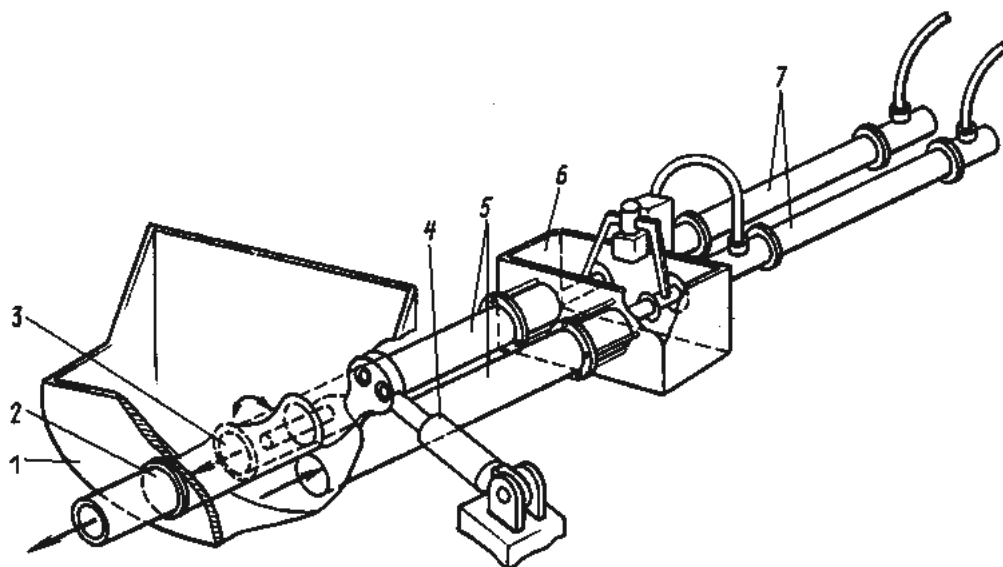


Рисунок 5 – Качающий узел поршневого бетононасоса:

- 1 – загрузочная воронка; 2 – бетоновод; 3 –бетонораспределитель; 4 –гидроцилиндр перемещения; 5 – бетонотранспортный цилиндр; 6 – промывочная воронка; 7 – главный цилиндр гидропривода

Качающий узел поршневого бетононасоса состоит из цилиндропоршневой группы 5 и бетонораспределителя 3, поочередно направляющего нагнетаемую бетонную смесь в бетоновод 2, при этом процесс нагнетания имеет циклический характер. Поршневые бетононасосы развивают давление на бетонную смесь 6 МПа и более, но при этом отличаются сложностью гидросхем привода.

В) Роторный бетононасос (рисунок 6).

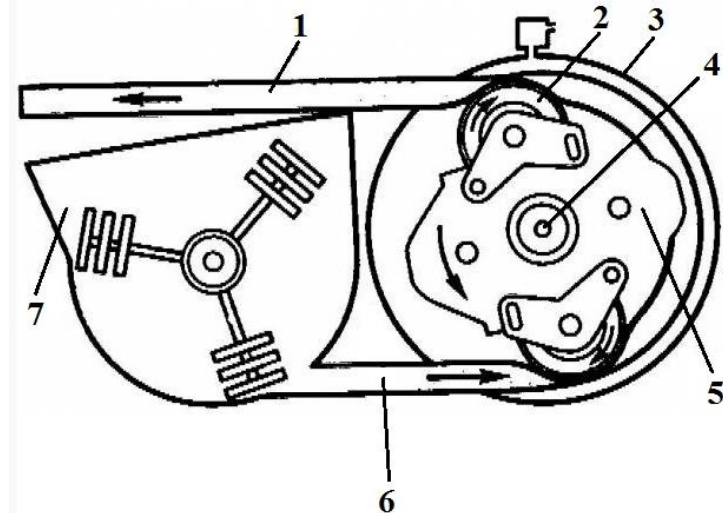


Рисунок 6 – Качающий узел роторного бетононасоса:
1 – напорный рукав; 2 – ролик; 3 – корпус; 4 – ось ротора; 5 – ротор;
6 – всасывающий рукав; 7 – бункер

Качающий узел роторных бетононасосов выполнен в виде ротора 5, несущего 2-3 прижимных ролика 3 и вращающегося на оси 4 внутри корпуса 3, при этом ролики обкатываются по шлангу, уложенному по внутренней поверхности ротора, и выдавливают бетонную смесь из шланга в бетоновод 1. Благодаря образуемому в шланге разрежению в него всасываются новые порции бетонной смеси бункера 7. Таким образом, процессы всасывания и нагнетания осуществляются практически непрерывно. Роторные бетононасосы развивают давление не более 3 МПа, но благодаря простоте конструкции отличаются большей надежностью и простотой обслуживания.

Г) Автобетононасос (рисунок 7).

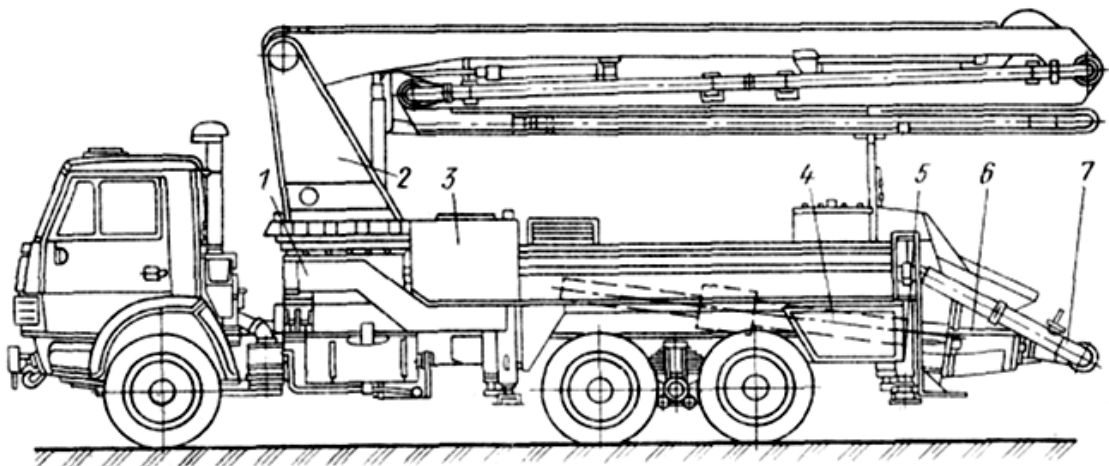


Рисунок 7 – Конструктивная схема автобетононасоса:
1, 5 – выдвижная опора; 2 – бетонораспределительная стрела-манипулятор; 3 – водяной бак; 4 – качающий узел; 6 – загрузочная воронка; 7 – нагнетательный бетоновод

Автобетононасос подает товарный бетон в горизонтальном и вертикальном направлениях к месту укладки с помощью распределительной стрелы 2 с бетоноводом. Распределительная стрела 2 состоит из нескольких шарнирно сочлененных секций, движение которым в вертикальной плоскости сообщается гидроцилиндрами двустороннего действия. Стрела монтируется на поворотной колонне, опирающейся на раму базовой машины через опорно-поворотное устройство. На базе также монтируются гидробак и бак для воды 3. Прикрепленный к стреле шарнирно-сочлененный секционный бетоновод заканчивается гибким рукавом. Бетонная смесь подается в загрузочную воронку 6 бетононасоса из автобетоносмесителя или автобетоновоза. При работе автобетононасос опирается на выдвижные гидравлические опоры 1. Автобетононасосы имеют переносной пульт дистанционного управления движениями стрелы, расходом бетонной смеси и включением/выключением бетононасоса, что позволяет машинисту находиться вблизи места укладки смеси.

Д) Растворонасос (рисунок 8).

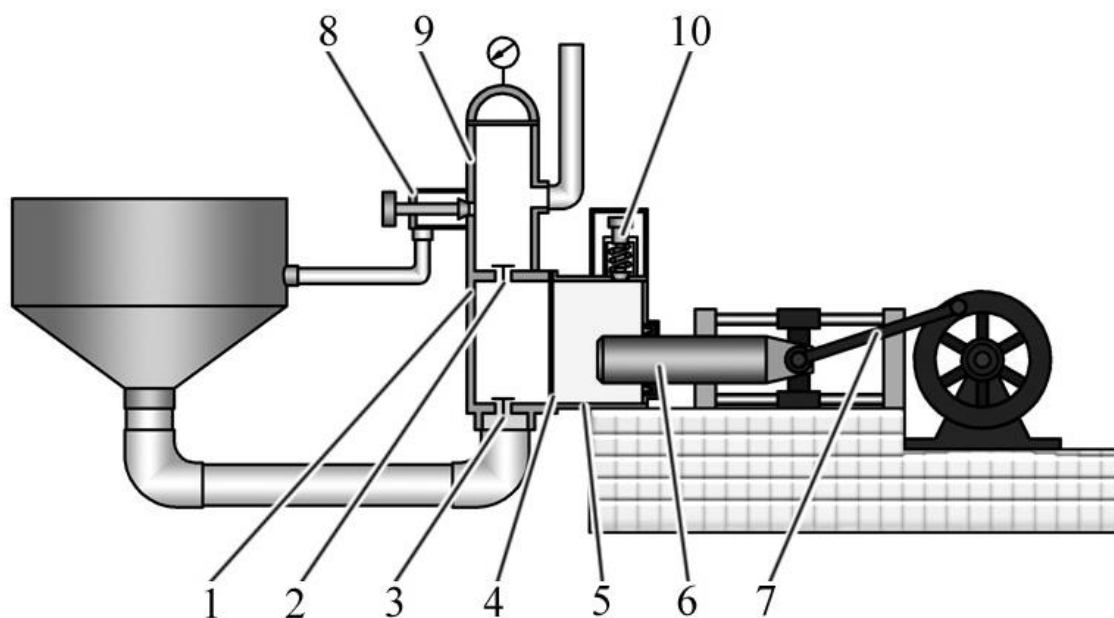


Рисунок 8 – Конструктивная схема диафрагменного растворонасоса:

- 1 – качающий блок; 2,3 – обратный клапан; 4 – диафрагма; 5 – цилиндр; 6 – плунжер;
7 – кривошипно-шатунный механизм; 8 – перепускной клапан; 9 – воздушный колпак;
10 – заливная горловина

Раствор, находящийся в бункере под действием силы тяжести поступает к качающему блоку 1. Обратный клапан 2, установленный на входе качающего блока, пропускает раствор из бункера в рабочую камеру, но не допускает обратного перемещения раствора в бункер. Обратный клапан 3, установленный на выходе качающего блока, пропускает жидкость из рабочей камеры в воздушный колпак 9, соединенный с напорным патрубком, и не позволяет жидкости двигаться в обратном направлении.

При вращении приводного вала, плунжер 6 перемещается влево, сжимая жидкость, расположенную в цилиндре 5, которая, в свою очередь, воздействует на диафрагму 4, заставляя ее перемещаться в сторону качающего блока. В результате объем рабочей камеры качающего блока уменьшается, раствор, вытесняется в воздушный колпак, из которого поступает в напорный трубопровод.

Воздушный колпак оборудован перепускным клапаном 8, позволяющим в случае чрезмерного роста давления (например, из-за засора), отправить раствор обратно в бункер.

Раздел III. Машины и комплексы для строительства дорожных покрытий

Тема 3.1 Установки и заводы для приготовления асфальтобетонных смесей

- 1. Назначение и классификация асфальтосмесительных установок.**
- 2. Технологические схемы асфальтосмесительных установок (заводов) циклического и непрерывного действия.**

1. Назначение и классификация асфальтосмесительных установок

Асфальтосмесительная установка (асфальтобетонный завод) (рисунок 1) – технологический комплекс различных агрегатов, работающих в единой технологической цепи, предназначенных для приготовления асфальтобетонных смесей, применяемых при строительстве и ремонте дорог. Для полноценной работы асфальтобетонного завода (АБЗ) необходимо наличие полностью исправного оборудования, квалифицированного обслуживающего персонала и сырья (битум, щебень, песок и др.).



Рисунок 1 – Асфальтобетонный завод (АБЗ)

Асфальтосмесительные установки могут быть классифицированы по следующим основным конструктивным и технологическим показателям:

- по производительности (главный параметр):

- а) малой (до 40 т/ч);
- б) средней (40...100 т/ч);
- в) большой (100...350 т/ч);
- г) очень большой (более 350 т/ч).

- по мобильности:

- а) передвижные;
- б) полустационарные;
- б) стационарные.

Передвижные установки используют в основном при строительстве и ремонте дорог и прочих сооружений в тех случаях, когда отсутствуют постоянно действующие асфальтобетонные заводы или когда их создание экономически нецелесообразно. Смесительные передвижные установки кроме ходового оборудования оснащают механизмами самомонтажа и демонтажа. Передвижные смесительные установки производительностью менее 10 т/ч, выполняемые на одноосном шасси, не нашли широкого применения из-за сложности компоновки большого числа агрегатов и трудоемкости загрузки минеральных материалов в агрегат и разгрузки готовой смеси в мобильные транспортные средства. Установки малой производительности в большей части комплектуют из нескольких агрегатов с собственными пневмоколесными шасси и оборудуют приспособлениями для самомонтажа.

Смесительные установки полустационарного типа предназначены для постоянно действующих или редко перебазируемых асфальтобетонных заводов. Установки полустационарного типа имеют различное конструктивное исполнение и преимущественно среднюю или большую производительность. Установки средней и большой производительности изготавливают в виде отдельных блоков на самостоятельном шасси или перевозимыми на прицепах-тяжеловозах, а также автомобилях. При монтаже этих установок используют как средства самомонтажа, так и крановое оборудование.

Асфальтосмесительные установки стационарного типа применяют на постоянно действующих асфальтобетонных заводах. Чаще стационарные установки средней и большой производительности изготавливают в виде мощных блоков с автоматическим управлением, причем только органы управления размещены в закрытом помещении или специальной кабине. Размещение стационарных асфальтосмесительных установок в закрытых помещениях может быть оправдано только в районах с неблагоприятными атмосферными условиями.

- по конструктивной компоновке узлов смесительного агрегата:

- а) башенные;
- б) партерные.

При башенной компоновке основные узлы смесительного агрегата расположены один под другим по одной вертикали. Для установок такого типа требуется лишь однократный подъем горячих материалов. Затем материал поступает самотеком последовательно в нижерасположенные агрегаты. В состав смесительного агрегата входят грохот, дозаторы с расходными и весовыми бункерами, смеситель. Остальные агрегаты асфальтосмесительных установок: агрегат питания, сушильный барабан, накопительный бункер и другие – имеют партерное (наземное) расположение.

Асфальтосмесительные установки партерного типа имеют наземное расположение всех основных узлов и агрегатов. Материал перемещается от агрегата к агрегату по горизонтали при многократном подъеме. При этом увеличиваются число транспортирующих подъемных механизмов, затраты энергии на транспортирование материалов и потери тепла нагретым минеральным материалом. При партерном расположении агрегатов требуются большие площади. Однако наземное исполнение агрегатов дает возможность снабдить их механизмами самомонтажа и ходовым оборудованием, что имеет важное значение при частом перебазировании установок.

- по технологии протекания процесса смешивания:

- а) периодического действия;
- б) непрерывного действия.

В установках периодического действия обычно подготовительные и вспомогательные операции выполняются непрерывно, а дозирование, смешивание и разгрузка смесителя производятся периодически определенными порциями. Поскольку смешивание является основным процессом приготовления

смеси, то установки со смесителями порционного смешивания принято называть асфальтосмесительными установками периодического (циклического) действия. Порционность дозирования минеральных компонентов и вяжущего каждого очередного замеса является достоинством таких установок, так как эти установки позволяют без каких-либо сложных перенастроек дозаторов легко переходить на выпуск смеси требуемого рецептурного состава. Еще одним важным их достоинством является возможность устанавливать любую продолжительность смешивания, что имеет большое значение для регулирования качества приготовления смесей различных составов.

В установках непрерывного действия все технологические операции, в том числе и смешивание, выполняются непрерывно. Периодично (порционно) может выполняться лишь вспомогательная операция – выпуск смеси из накопительного бункера в транспорт. Смесительные установки непрерывного действия имеют некоторые преимущества перед установками периодического действия в отношении меньшей металлоемкости конструкции смесителя и энергоемкости процесса смешивания. Их целесообразно применять при больших объемах работ на строящихся автомагистралях, когда требуется массовое производство постоянной по составу смеси.

2. Технологические схемы асфальтосмесительных установок (заводов) циклического и непрерывного действия

Рассмотрим технологическую схему асфальтосмесительной установки непрерывного действия с партерным расположением основного оборудования (рисунок 2).

Асфальтосмесительные установки состоят из следующих основных агрегатов: агрегата питания (а), сушильного барабана (б), смесительного агрегата, агрегата для хранения и подачи минерального порошка (з), оборудования для нагрева, дозировки и подачи битума, устройства для очистки воздуха от пыли (ж). В смесительный агрегат входит грохот (в), дозаторы с расходными и весовыми бункерами (г), смеситель (д). Основные агрегаты асфальтосмесительных установок связаны между собой транспортирующим оборудованием.

Песок со щебнем или гравием соответствующих фракций со склада загружаются в бункер 1 агрегата питания с применением погрузчиков, экскаваторов, ленточных конвейеров и других машин.

Питатели 2 предварительно дозируют по объему и непрерывно выдают минеральные материалы из бункеров 1 на ленточный конвейер или холодный ковшовый элеватор 3. Поднятый ими материал ссыпается по лотку 4 в загрузочное устройство 5 сушильного барабана 6. Сушильный барабан установлен на опорных роликах 7 под углом 3-6° к горизонту и имеет внутри продольные лопасти, закрепленные к стенке барабана. Навстречу минеральным материалам внутри барабана движутся горячие газы, образуемые в топке 9 при сгора-

нии жидкого топлива (мазута), подаваемого форсункой 10. При таком противоточном движении горячих газов и минеральных материалов происходит интенсивная сушка и нагрев последних до температуры 180...250°C.

Нагретые минеральные материалы через загрузочную коробку 8 сушильного барабана подаются в приемный лоток 11 ковшового элеватора 12. Горячий элеватор имеет теплозащитный кожух 13, поднимает нагретые материалы на требуемую высоту и подает их на вибрационный грохот 14. Грохот сортирует минеральные материалы по фракциям, которые поступают в отдельные отсеки бункера горячих материалов 15, имеющих теплоизоляционный кожух. негабаритный щебень с верхнего сита грохота по сыпному лотку 16 отводится в отдельный бункер или за пределы смесительного агрегата. Отдельные фракции нагретых минеральных материалов из отсеков горячего бункера поступают на весовые дозаторы непрерывного действия 17.

Параллельно отдельными дозаторами производится непрерывное дозирование минерального порошка, который поступает на дозатор из соответствующего бункера, а в него подается из емкости для хранения.

Дозируемые фракции минеральных материалов и минеральной порошок из дозаторов подается в загрузочную коробку 19 второго горячего элеватора 20, имеющего теплозащитный кожух 21. Элеватор поднимает указанные материалы и непрерывно загружает их в двухвальную лопастную смеситель 22 непрерывного действия с принудительным перемешиванием. В этот же смеситель битумным насосом-дозатором 24 непрерывно подается битум, нагретый в битумоплавильне 23 до рабочей температуры (150...180°C). Под действием лопастей вращающихся валов смесителя составляющие асфальтобетона совершают движение по сложным траекториям с различными скоростями: поднимаются вверх, опускаются вниз, вдавливаются в объемы материала с меньшей скоростью движения, обычно расположенные дальше от лопастей, смещаются вдоль валов в сторону разгрузки и т.д. При этом все частицы смеси обволакиваются жидким горячим битумом. В результате перемешивания частицы меньших размеров заполняют промежутки между более крупными частицами, вытесняя из них воздух. Перемешанная асфальтобетонная смесь выгружается непрерывным потоком из смесителя и при открытом затворе 25 высыпается в кузов автосамосвала. Затвор двухвальной лопастной смесителя непрерывного действия выполнен в виде поворачивающегося сектора, образующего накопительный бункер небольшой вместимости. При закрытом затворе производится смена транспортных средств (автосамосвалов) для транспортирования горячего асфальтобетона.

Дымовые газы, выходящие из сушильного барабана, и запыленный воздух над грохотом проходят через батарею циклонов 26, где за счет изменения направления движения, резкого снижения скорости частицы пыли под действием силы тяжести оседают в бункер 27 циклонов. Затем собранная пыль подается на горячий элеватор, и только незначительное количество мелких частиц улетает в атмосферу.

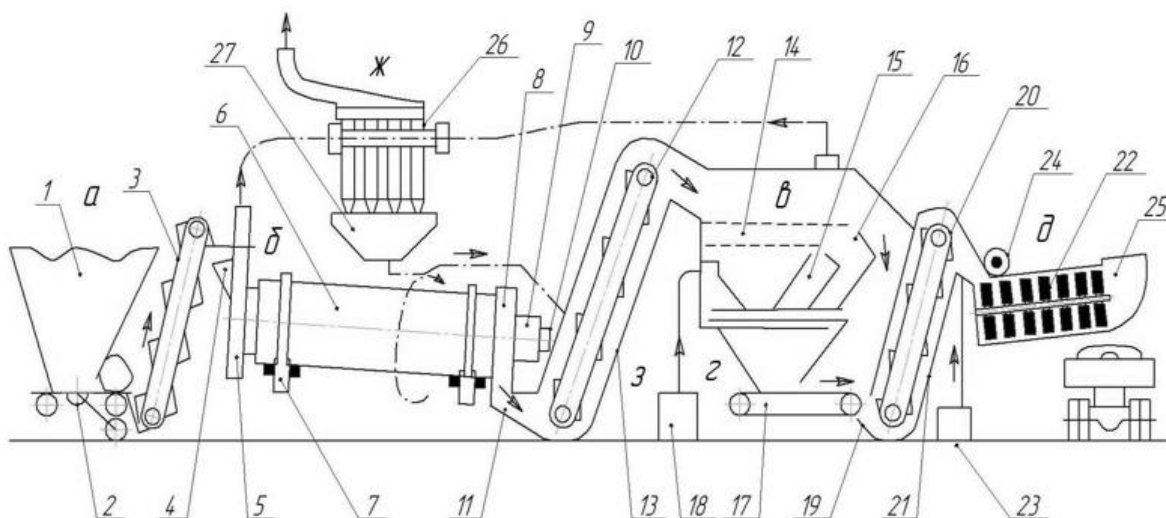


Рисунок 2 – Технологическая схема асфальтосмесительной установки непрерывного действия

Рассмотрим технологическую схему асфальтосмесительной установки периодического действия с башенным расположением основного оборудования (рисунок 3).

В таких установках фракции минеральных материалов из горячего бункера 15 поочередно поступают на весовой дозатор циклического действия 17. Отдельным дозатором 20 дозируются порции минерального порошка, который находится в бункере 18. Минеральный порошок подается из агрегата хранения 19. Отдозированные фракции минеральных материалов и минерального порошка поступают в двухвальную лопастной смеситель 21 циклического действия. В этот смеситель битумным насосом-дозатором 23 подается порция битума, нагретого до рабочей температуры 150...180°C. Лопастей валов смесителя наклонены вдоль в одну и другую сторону, что способствует противоточному принудительному перемещению перемешиваемого материала с различными скоростями и по различным траекториям. Под давлением лопастей и гравитационных сил частицы будут двигаться по линии наименьшего сопротивления, вытесняя воздух из промежутков между более крупными частицами, заполняя эти промежутки и перераспределяясь по всему объему. При этом все частицы хорошо обвалакиваются горячим битумом. Большинство лопастей перемешиваемые материалы сдвигаются к середине смесителя. После окончания перемешивания открывается разгрузочный затвор, расположенный в середине корпуса смесителя, и порция приготовленной горячей асфальтобетонной смеси высыпается в автосамосвал или в ковш скипового подъемника 24. С его помощью приготовленная смесь перегружается в накопительный бункер 25. Наличие накопительных бункеров исключает простои смесительного агрегата при задержке автотранспорта и ускоряет его загрузку.

Запыленный воздух и дымовые газы поступают в первую ступень очистки 26. Задержанная здесь пыль из бункера 27 подается на горячий элеватор, а воздух с газами направляется дымососом (вентилятором) 28 во вторую

ступень очистки 29. Во второй ступени применяются мокрая очистка, очистка рукавными фильтрами или электрофильтрами. Пыль и шлам из второй ступени очистки удаляется через питатель 30, а очищенный воздух выходит в атмосферу через трубу 31.

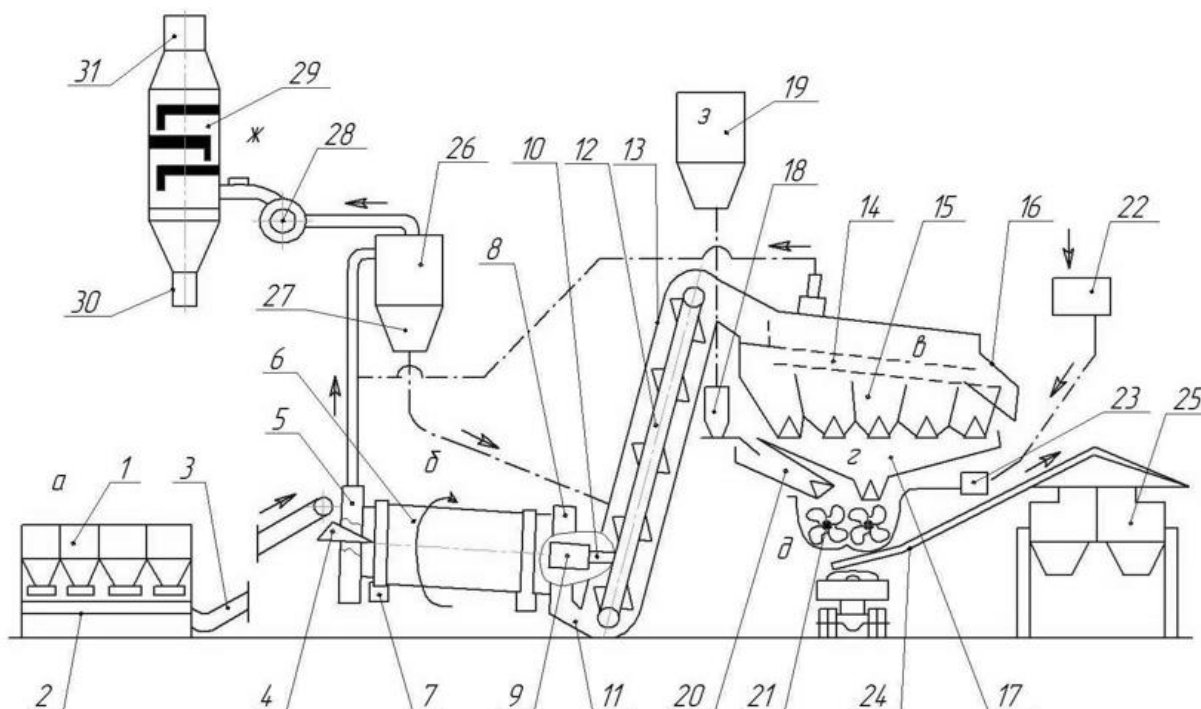


Рисунок 3 – Технологическая схема асфальтосмесительной установки периодического действия

Тема 3.2 Машины для постройки асфальтобетонных покрытий

1. Машины для устройства оснований и покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими материалами.
2. Устройство и принцип работы автогудронаторов.
3. Устройство и принцип работы асфальтоукладчиков.

1. Машины для устройства оснований и покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими материалами

Отсутствие природных запасов каменных материалов (щебень, гравий), необходимых для строительства автомобильных дорог и аэродромов, вызывает необходимость их доставки железнодорожным, водным и автомобильным транспортом. Большие затраты на транспортирование материалов вызывают увеличение общей стоимости строительства автомобильных дорог. Поэтому в этих районах целесообразно применять для устройства покрытий облегченного типа и оснований местные грунты, укрепленные вяжущими материалами (битумом, цементом и др.).

При укреплении грунтов одновременно с воздействием на грунт вяжущих материалов используют комплекс технологических операций. В результате грунты по физико-механическим свойствам приближаются к более прочным и долговечным материалам (гравийным и щебеночным).

Существующая технология укрепления грунтов предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) предварительное размельчение грунта (для глинистых грунтов);
- 2) точное дозирование и равномерное распределение в массе обрабатываемого грунта воды и вяжущих материалов;
- 3) распределение готовой смеси по ширине проезжей части дороги;
- 4) уплотнение смеси;
- 5) уход за укрепленным грунтом (поддержание заданного режима влажности в период твердения).

По назначению машины для перемешивания на месте разделяют на:

- 1) машины для приготовления смеси на дороге;
- 2) машины для приготовления смеси в стационарных смесительных установках;

Меньшую стоимость имеют смеси из грунтов, укрепленных способом перемешивания на дороге, но качество смеси и, прежде всего, ее однородность выше при перемешивании материалов в смесительных установках. Способ смешения компонентов смеси на дороге применяют, как правило, для строительства дорог низших категорий. При сосредоточенных работах на аэродромах и дорогах высоких технических категорий предпочтителен способ перемешивания в установках.

Машины, предназначенные для приготовления смесей на дороге, разделяют на:

- 1) однопроходные, выполняющие одновременно все операции по приготовлению смесей за один проход;
- 2) многопроходные, выполняющие необходимый комплекс технологических операций по приготовлению смесей за несколько проходов по одному месту. К этой группе машин относятся ножевые смесители и фрезы (грунтосмесительные машины).

По типу рабочих органов смесительные машины делят на:

- 1) ножевые;
- 2) фрезерные;
- 3) барабанные;
- 4) лопастные.

Ножевые и фрезерные рабочие органы устанавливают на машинах, работающих по способу перемешивания на дороге, а лопастные и барабанные рабочие органы имеют машины, работающие в стационарных условиях.

Ножевые смесители могут быть *одноножевыми* и *многоножевыми*. При использовании одноножевых смесителей (грейдерных отвалов) предусматривается следующая технология приготовления смеси:

1) грунт в виде валика, расположенного по оси дороги, обрабатывается вяжущими материалами при помощи автогудронаторов;

2) круговыми проходами автогрейдера смесь распределяется слоем по земляному полотку;

3) следующими проходами она вновь собирается в валик, в результате чего происходит перемешивание компонентов смеси между собой. После такого перемешивания смесь увлажняется до оптимальной влажности и вновь перемешивается. Для получения однородной смеси необходимо совершить 20-30 проходов автогрейдера по одному месту.

К недостаткам одноножевых смесителей следует отнести невысокую производительность из-за большого числа проходов при приготовлении смеси, а также низкие ее качества.

В многоножевых смесителях (рисунок 1) рабочим органом являются несколько ножей, установленных последовательно один за другим под углом к направлению движения машины.

При проходе такого смесителя, имеющего раму 1, перемешиваемый грунт с вяжущими захватывается первой парой ножей 2 и собирается в валик. Вторая пара 3 распределяет смесь слоем. Пара ножей 4 вновь собирает смесь в валик. Меняя положение ножа 5, можно изменить количество материала, поступающего на плоские распределительные ножи 6. Таким образом, при одном проходе такой машины перемешиваемый материал совершает четырехкратное поперечное перемещение. Для достижения однородности смеси необходимо совершать 6-8 проходов по одному следу. При последнем проходе смесь распределяется ножом 7 на всю обрабатываемую полосу с приданием поверхности слоя требуемого поперечного уклона.

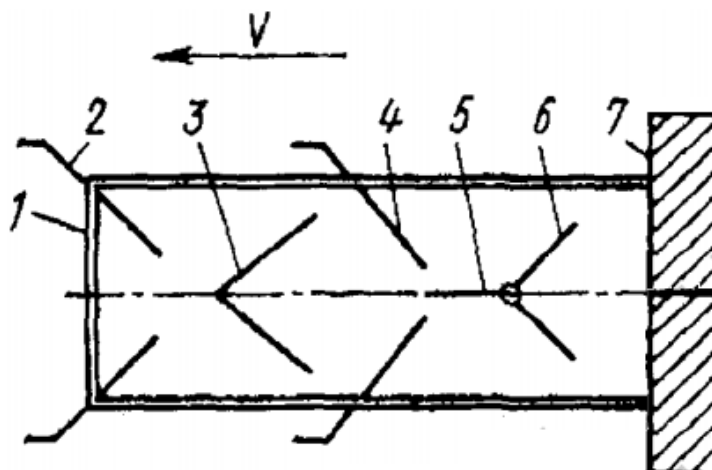


Рисунок 1 – Схема многоножевого смесителя

Дорожные фрезы (рисунок 2) входят в группу передвижных грунтосмесительных машин, оснащенных одним активным рабочим органом фрезерного типа; они производят обработку грунта непосредственно на строительном объекте.



Рисунок 2 – Дорожная фреза

Дорожные фрезы состоят из базовой машины, рабочего органа с трансмиссией и дозировочно-распределительной системы.

Фрезы отличаются мощностью силового оборудования, шириной и глубиной обработки грунтового слоя, конструкцией фрезерного ротора, компоновкой рабочего оборудования на базовой машине.

Дорожные фрезы классифицируют:

- по способу передвижения: самоходные, прицепные, полуприцепные и навесные;
- по схеме привода ротора: с боковым и центральным приводом;
- по типу силовой трансмиссии: с механической и гидродинамической;
- по типу ходового оборудования: гусеничные и колесные;
- по расположению рабочего органа: с консольным расположением ротора и ротором, встроенным внутри машины;
- по способу привода ротора: с приводом от специального двигателя и двигателя базовой машины.

В настоящее время промышленностью широко выпускаются фрезы на пневмоколесных тракторах. Достоинством их является малая масса, высокие транспортные скорости, допустимость выезда для разворотов на смежный участок с готовым слоем укрепленного грунта без опасений его деформирования. К недостаткам колесного варианта с консольной подвеской фрезы на тракторе относится недостаточная продольная устойчивость машины.

Наиболее удобной для работы является полунавесная компоновка тягача с фрезерным агрегатом на отдельной раме с задней колесной опорой (рисунок 3). При такой компоновке обеспечивается достаточная стабильность толщины обрабатываемого слоя. В то же время такая компоновка несколько ограничивает маневренность машины из-за значительного радиуса ее разворота.

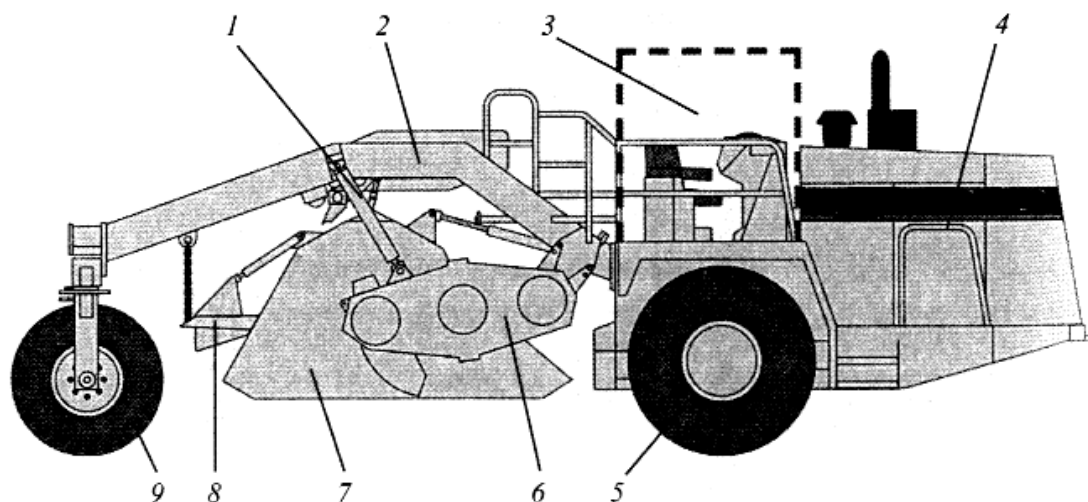


Рисунок 3 – Конструктивная схема дорожной фрезы:

- 1 – гидроцилиндр подъема/опускания фрезы; 2 – тяговая рама; 3 – кабина оператора; 4 – моторный отсек; 5 – ведущие колеса; 6 – кожух клиноременной передачи; 7 – кожух фрезерного барабана; 8 – задний фартук кожуха; 9 – управляемые колеса

Фреза срезает верхний слой грунта, измельчает и перемешивает его с вяжущим материалом, после чего смесь разравнивается по полотну автогрейдером и уплотняется катком. При приготовлении смеси может использоваться не только срезанный на месте, но и привозной грунт, а также другие дорожно-строительные материалы, доставляемые к месту укладки технологическим транспортом.

В качестве трансмиссии для привода барабанов фрез и грунтосмесительных машин наиболее часто используют клиноременные передачи, так как они дешевы, нетрудоемки в обслуживании и хорошо предохраняют фрезу и другие узлы трансмиссии от пиковых нагрузок. Сверху, с боков и торцов фреза закрыта кожухом, ограждающим рабочую зону и способствующим измельчению ударяющегося об него материала.

К кожуху в зоне попадания на него материала крепится дробильный брус, при ударе о который материал дополнительно измельчается. Изнутри кожух футерован ударопрочным и износостойким покрытием. Откидные дистанционно управляемые передний и задний фартуки кожуха регулируют толщину слоя, остающегося после прямого или обратного прохода машины, и выравнивают его поверхность. Глубина погружения фрезы регулируется гидроцилиндрами подъема/опускания. В транспортное положение кожух поднимается вместе с фрезой, а при работе опирается на покрытие по бокам фрезеруемой полосы износостойкой нижней кромкой.

Прицепные фрезы могут оснащаться собственными двигателями внутреннего сгорания, трансмиссиями и системой управления. Их работа контролируется оператором, рабочее место которого расположено непосредственно на прицепе.

Навесные фрезы отличаются тем, что не имеют собственного ходового оборудования и двигателя и управляются оператором базовой машины. В самоходном исполнении фрезы, как правило, являются функциональной частью грунтосмесительных машин.

Фрезерный рабочий орган (рисунок 4) машины представляет собой цилиндрический барабан, на поверхности которого установлены лопатки или резцы. Ось вращения фрезы перпендикулярна направлению движения машины, а направление вращения может быть встречным или попутным. В первом случае линейные скорости резцов и машины противоположны, во втором они совпадают.

При встречном вращении сопротивление грунта резанию препятствует движению машины, но глубина фрезерования стабильна, а лопатки или резцы хорошо измельчают грунт благодаря большей относительной скорости. Уменьшается и риск поломки режущего инструмента, так как при встрече с твердыми включениями он вырывает их из грунтового массива.

При попутном вращении сопротивление грунта резанию помогает движению машины, но возможно самопроизвольные выглубления фрезы при наезде на твердые включения, а измельчающая способность лопаток или резцов ниже. Риск поломки режущего инструмента увеличивается, так как при встрече с твердыми включениями инструмент стремится вдавить их в грунт.

Использовать в зависимости от ситуации преимущества встречного или попутного вращения позволяют реверсивные трансмиссии, способные вращать фрезу в любом направлении. Выигрыша в скорости, тяге или энергоёмкости рабочего процесса ни один из способов не дает, так энергия расходуется либо на фрезу, либо на движителе.

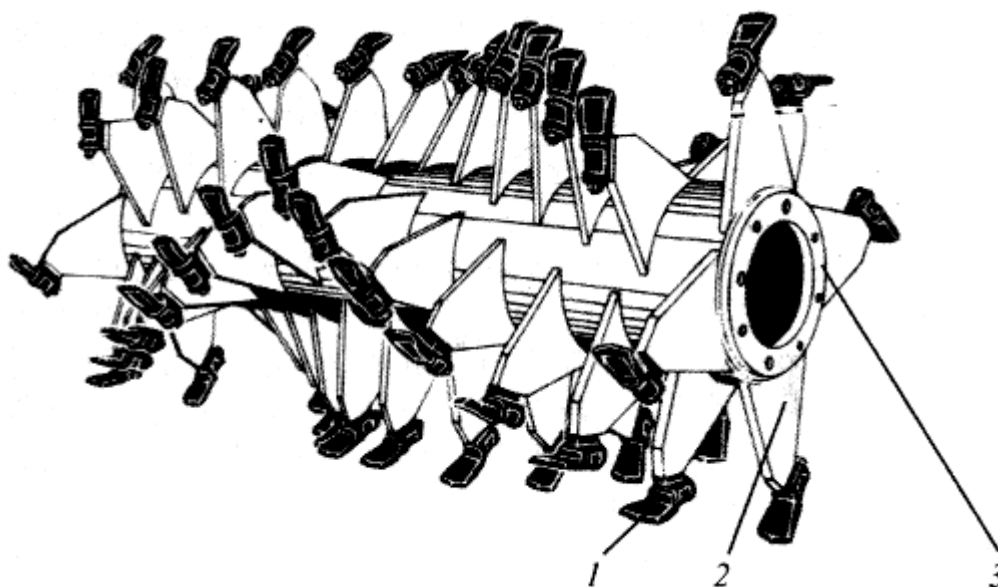


Рисунок 4 – Фрезерный рабочий орган:
1 – лопатка; 2 – кронштейн лопатки; 3 – фланец крепления барабана

Грунтосмесительные машины представляют собой специализированное пневмоколенное или гусеничное шасси с силовой установкой, трансмиссиями, рабочим органом, резервуарами для хранения вяжущих материалов, устройствами. Для того чтобы оператор мог контролировать движение машины и по правому, и по левому ее краю, могут устанавливаться широкие кабины с левым и правым пультами управления, нависающими над краем полосы фрезерования, широкие кабины с одним пультом, перемещающимся по ней, или узкие кабины, сдвигающиеся к левому или правому борту машины. В качестве дополнительного, достаточно дорогого, но удобного оборудования используются выносные пульта, позволяющие оператору управлять машиной, находясь рядом с ней.

2. Устройство и принцип работы автогудронаторов

Автогудронаторы предназначены для перевозки и распределения битумных материалов при постройке и ремонте гравийных и щебеночных слоев дорожной одежды методом пропитки, полупропитки, перемешивания на дороге, а также при поверхностной обработке и укреплении грунтов. Вяжущие материалы распределяются под давлением 0,25-0,60 МПа.

По назначению гудронаторы бывают:

- 1) ремонтные (емкость цистерны не превышает 400 л);
- 2) строительные (емкость цистерны не превышает 3000-20000 л).

По способу передвижения гудронаторы классифицируют на:

- 1) самоходные (автогудронаторы) (рисунок 5), монтируемые на шасси грузового автомобиля;
- 2) прицепные;
- 3) полуприцепные.

По способу привода битумного насоса различают автогудронаторы:

- 1) с приводом от двигателя автомобиля, на шасси которого смонтирован гудронатор;
- 2) с приводом от отдельного двигателя. Применение двух двигателей – одного для трансмиссии ходовой части автомобиля и другого для привода насоса позволяет изменять норму розлива битума в более широком диапазоне.



Рисунок 5 – Автогудронатор

Автогудронаторы состоят из цистерны, автомобильного шасси или тягача, системы подогрева, системы перекачки и распределения битума.

Рассмотрим устройство и принцип работы гудронатора (рисунок 6,7).

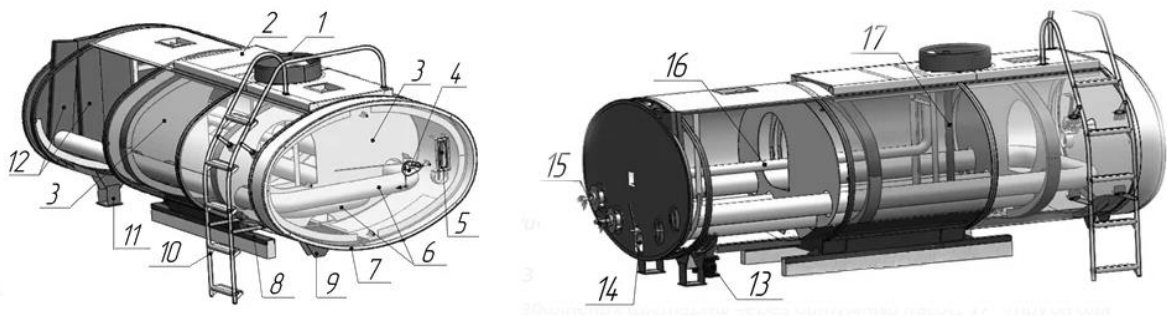


Рисунок 6 – Конструктивная схема цистерны гудронатора:

- 1 – горловина, 2 – площадка, 3 – перегородки, 4 – уровнемер, 5 – термометр, 6 – жаровые трубы, 7 – слой утеплителя, 8 – подрамник с брусом; 9 – передние опоры; 10 – лестница; 11 – задние опоры; 12 – выпускные дымоходы жаровых труб, 13 – сливной кран; 14 – шибберный насос; 15 – горелки; 16 – труба заполнения цистерны через битумный насос; 17 – труба для сообщения внутренней полости цистерны с атмосферой

На базовом автомобиле устанавливается цистерна (рисунок 6), изготовленная из листовой стали. Цистерна снаружи покрыта слоем теплоизоляции и облицована стальными листами. В верхней части цистерны имеется горловина 1, она же является смотровым люком. Возле горловины имеется площадка 2, доступ к которой осуществляется по лестнице. В задней верхней части цистерны имеются выпускные дымоходы 12 жаровых труб 6.

Цистерна внутри оборудована перегородками 3, трубопроводом 16, П-образной жаровой трубой 6, трубой для сообщения внутренней полости цистерны с атмосферой 17.

Сзади на цистерне установлен шиберный кран с ручным приводом, вмонтированный снаружи в отверстие заднего днища цистерны и фланцы жаровых труб для установки горелок.

Спереди на цистерне установлен поплавковый указатель 4 уровня битумного материала в цистерне и термометр 5 для контроля за температурой битумного материала. В нижней части цистерны установлен сливной кран 13 с ручным приводом и вварена дыхательная труба для сообщения внутренней полости цистерны с атмосферой. К цистерне снизу приварен подрамник, передние и задние опоры, с помощью которых цистерна крепится к раме шасси.

Сзади цистерны на раме шасси установлен подрамник 8, к которому крепится битумный насос, битумные коммуникации, гидравлические привода, а также устанавливается распределитель битума (рисунок 7).

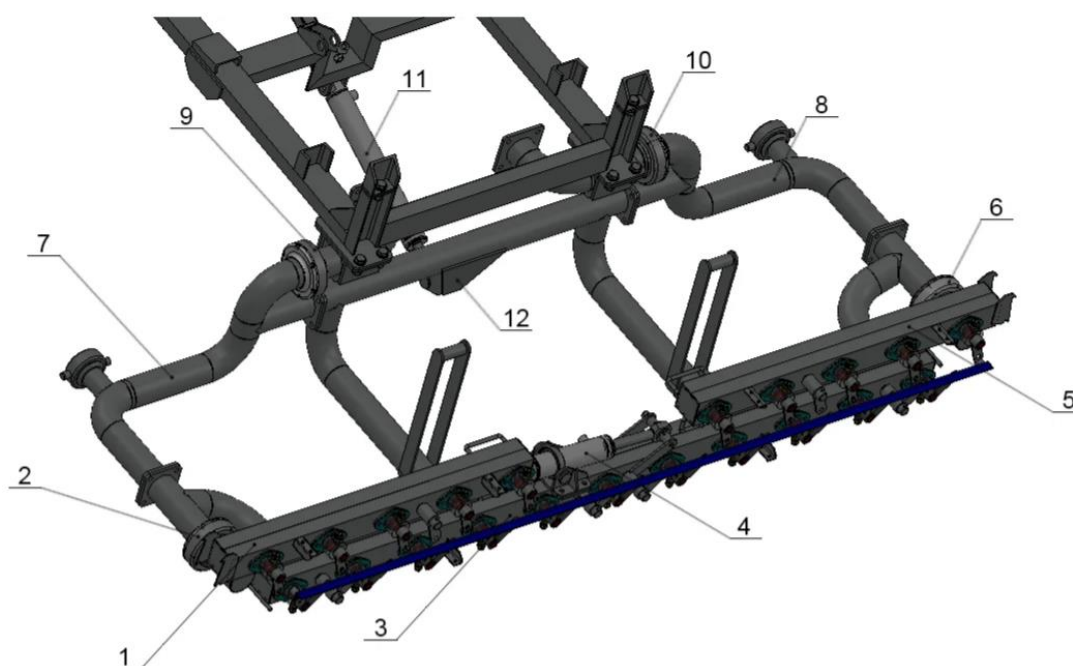


Рисунок 7 – Распределитель битума:

1, 5 – левая и правая секции; 2, 6 – поворотный шарнир левой секции; 3 – центральная секция; 4 – гидроцилиндр привода; 7, 8 – битумные коммуникации; 9, 10 – поворотные шарнирные соединения; 11 – гидроцилиндр подъема/опускания; 12 – кронштейн центральной секции

Распределитель битума имеет квадратное сечение и состоит из левой 1, центральной 3 и правой 5 секций. Секции соединены друг с другом шарнирными соединениями 2 и 6, которое позволяют складывать и раскладывать секции и тем самым изменять ширину розлива битумного материала.

Распределитель битума присоединяется к битумным коммуникациям 7 и 8 с шарнирными соединениями 9 и 10, которые позволяют поднимать и опускать секции распределителя при эксплуатации.

Подъем и опускание распределителя осуществляется гидроцилиндром 11, который упирается в кронштейн 12 центральной секции. К внешней плоскости распределителя крепятся форсунки (рисунок 8).

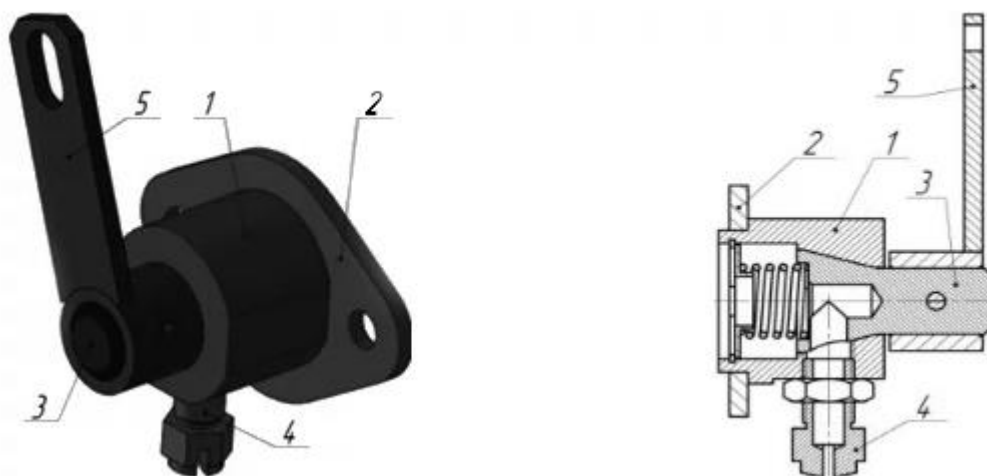


Рисунок 8 – Форсунка распределителя битума:
1 – корпус; 2 – фланец; 3 – вал; 4 – форсунка; 5 – рычаг

Открытие и закрытие форсунки осуществляется поворотом вала 3 рычагом 5. Рычаг вала форсунки соединяется с рейкой распределителя при помощи оси. При перемещении рейки вал проворачивается, и отверстие в вале и корпусе форсунки совмещаются или перекрываются. Привод рейки осуществляется от гидроцилиндра или двух пневмоцилиндров, установленных на центральной секции распределителя.

3. Устройство и принцип работы асфальтоукладчиков

Асфальтоукладчики являются самоходными машинами непрерывного действия, обеспечивающими безостановочную укладку асфальтобетонных покрытий и разнообразных смесей из грунта и каменных материалов с органическими вяжущими.

По производительности асфальтоукладчики бывают:

- 1) легкого типа (50...100 т/ч);
- 2) тяжелого типа (100...400 т/ч).

Легкие асфальтоукладчики имеют массу 2,5...8 т и предназначены для выполнения небольших объемов работ. Тяжелые асфальтоукладчики имеют массу 10...30 т и предназначены для выполнения больших объемов работ. Вместимость их приемного бункера может достигать 10 м³.

По типу ходового устройства асфальтоукладчики классифицируются на:

- 1) гусеничные (рисунок 9);
- 2) колесные (рисунок 10).



а)



б)

Рисунок 9 – Асфальтоукладчики:
а) гусеничный; б) колесный

Общий вид гусеничного асфальтоукладчика приведен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Общий вид гусеничного асфальтоукладчика:
1 – ходовая часть; 2 – приемный бункер; 3 – питатель; 4 – распределительные шнеки;
5 – рабочий орган; 6 – нагреватель; 7 – подсистема регулирования высоты цилиндрами
системы нивелирования; 8 – подсистема разгрузки рабочего органа

Современные асфальтоукладчики отличаются, прежде всего, высокой уплотняющей способностью, надежностью, а также удобством управления и технического обслуживания. Основные узлы и агрегаты изображены на рисунке 10:

ходовая часть 1. Оснащенный мощным дизельным двигателем современный асфальтоукладчик может устанавливаться на одну из двух ходовых частей: колесную или гусеничную;

приемный бункер 2. Автомобили, подвозящие смесь к месту строительства, сгружают ее в большой бункер, расположенный в передней по ходу движения части асфальтоукладчика;

питатель 3. Широкими ленточными конвейерами смесь через туннель, находящийся внутри укладчика, транспортируется к шнековой камере, в которой находятся распределительные шнеки;

распределительные шнеки 4. Шнеки предназначены для равномерного распределения смеси перед рабочим органом. Общая длина шнеков соответствует рабочей ширине рабочего органа, благодаря чему смесь может им равномерно уплотняться;

рабочий орган 5. Рабочий орган асфальтоукладчика является тем самым его элементом, который выполняет ту задачу, ради которой эта машина создана. Своей массой и энергией уплотнительных агрегатов он воздействует на смесь, осуществляя предварительное уплотнение укладываемого слоя смеси;

нагреватель 6. Чтобы предотвратить налипание смеси на выглаживающие плиты и уплотняющие агрегаты, трамбуемый брус и уплотнительную планку (или планки), в них встроены электрические нагреватели;

подсистема регулирования высоты цилиндрами системы нивелирования 7. Неровности основания, на которое укладывается новый слой, компенсируются асфальтоукладчиками за счет того, что угол атаки рабочего органа соответственно регулируется гидроцилиндрами нивелирования, изменяющими для этого высоту передних концов его несущих рычагов;

подсистема разгрузки рабочего органа 8. В зависимости от условий работы гидроцилиндры, связанные с несущими рычагами рабочего органа, изменяют давление на него, придавливая его или приподнимая.

Для окончательного уплотнения асфальтобетонной смеси используются моторные катки.

Тема 3.3 Машины для постройки цементобетонных покрытий

1. Назначение машин для строительства дорог в цементобетонном исполнении.

2. Устройство и принцип работы профилировщиков оснований, распределителей смеси, бетоноукладчиков, машин для нанесения на свежеложенное покрытие пленкообразующих материалов и нарезчиков швов.

1. Назначение машин для строительства дорог в цементобетонном исполнении

Бетонные дороги имеют широкое применение за границей (Германия, США и др.). В Беларуси данная технология только набирает обороты. Связано это, в первую очередь, с тем, что строительство асфальтобетонных дорог гораздо дешевле цементобетонных. Но с годами цены на эти два вида дорожного

полотна постепенно уравниваются. Бетонирование применяют для строительства магистралей, аэродромов, мостов и др. при весьма интенсивном и тяжелом движении. Вся технологию такого рода дорого обеспечивает комплекс специализированных машин и оборудования.

К *преимуществам* цементобетонных дорог по сравнению с асфальтобетонными можно отнести следующие:

- Значительно более высокая долговечность (свыше 20 лет без капитального ремонта).
- Транспорт расходует меньше топлива. Данное преимущество связано с тем, что при движении машин с большим грузом бетонная дорога не деформируется, благодаря чему требуется меньше топлива для их передвижения.
- Устойчивы к экстремальным погодным условиям. На них не влияют сильные дожди либо сильно высокие (низкие) температуры воздуха.
- Сохранение экологии. Поскольку транспорт тратит меньше топлива для передвижения, то и окружающая среда загрязняется меньше.
- Экономное использование ресурсов природы. Бетон получают из известняка, в то время как асфальт является продуктом переработки нефти.

Недостатки:

- Цена бетонных покрытий гораздо выше, чем использование асфальта.
- Проблематичный ремонт. Если основание приходит в непригодность, то нужно менять целую плиту.
- Небезопасность передвижения. Когда приходят периоды дождей и сильных снегопадов, скольжение транспорта на таких дорогах наблюдается довольно часто.

Цементобетонные покрытия разделяются на *сборные* и *монолитные*. Сборные покрытия устраивают из плит, изготовленных на заводах железобетонных изделий; монолитные покрытия выполняются из бетона, укладываемого в покрытие непосредственно на дороге.

При строительстве монолитного цементобетонного покрытия бетонная смесь на подготовленное основание укладывается комплектом машин. В XX веке такой комплект машин выполнялся на рельсовом ходу. В состав рельсового комплекта входили рельс-формы, изготовленные из специального профиля, листовой стали и узкоколейного рельса длиной 4 м каждый, которые укладывались в две нитки длиной 1 километр. В дальнейшем отказ от трудоемких операций по монтажу и демонтажу рельс-форм привел к созданию комплектов безрельсовых машин на гусеничном ходу со скользящей опалубкой.

По зарубежным данным, применение безрельсовой технологии строительства покрытий позволяет получить экономический эффект в размере 4000...5000 долларов США на 1 км, повысить темп строительства покрытий до 2 км в смену и более.

В соответствии с технологией, в комплект машин для строительства дорог в цементобетонном исполнении обычно входят:

- *Профилировщик основания* (рисунок 1), предназначенный для подготовки верхнего слоя земляного полотна и основания;

- *Бетонораспределитель* (рисунок 2), предназначенный для приема бетонной смеси из автосамосвалов, движущихся по обочине, перегрузки ее на основание дороги, предварительного распределения по ширине покрытия и дозирования смеси;

- *Бетоноукладчик* (рисунок 3), предназначенный для уплотнения цементобетонной смеси, уложенной распределителем, или распределения и уплотнения бетонной смеси, привезенной автосамосвалами и выложенной на основание перед бетоноукладчиком;

- *Финишер* (рисунок 4), предназначенный для придания поверхности цементобетонного покрытия необходимой текстуры, а также для распределения специальной жидкости с целью предотвращения преждевременного высыхания поверхности и краев.

Кроме того, в состав комплекта обычно входит навесное и прицепное оборудование для выполнения вспомогательных технологических операций: подвешенный к профилировщику конвейер-перегрузочатель для удаления излишков материала на обочину или в автосамосвал; тележка для арматуры, нарезчики и заливщики швов.



Рисунок 1 – Профилировщик GOMACO: 9500



Рисунок 2 – Бетонораспределитель POWER PAVERS PS-2700



Рисунок 3 – Бетонукладчик Wirtgen SP 500



Рисунок 4 – Финишер Wirtgen TCM 950

2. Устройство и принцип работы профилировщиков оснований, распределителей смеси, бетоноукладчиков, машин для нанесения на свежесуложенное покрытие пленкообразующих материалов и нарезчиков швов

На рисунке 5 представлена конструктивная схема *профилировщика основания*, который предназначен для планировки верхнего слоя уплотненного земляного полотна, а также отделки профиля основания из грунтов, укрепленных вяжущими материалами.

В нижней части рамы 1 установлено рабочее оборудование, включающее шнек-фрезу 2, шнек 3, передний 4 и задний 5 отвалы. Шнек-фреза 2 предназначена для первоначального фрезерования, рыхления и распределения грунта по ширине обрабатываемой полосы. Она состоит из двух автономных частей - правой и левой. Каждая часть шнек-фрезы выполнена из стальной трубы, на наружной поверхности которой приварены 50 стоек с держателями зубьев фрезы и шнековые лопасти правой или левой навивки. Такое расположение зубьев и шнека позволяет производить встречное фрезерование поверхности с одновременным перемещением излишков грунта от центра профилировщика к краям. Передний отвал 4, состоящий из двух частей, расположен после шнек-фрезы, предназначен для предварительного профилирования основания, перемещения и равномерного распределения материалов. Шнек 3 также состоит из двух частей и предназначен для удаления излишков грунта на обочину дороги или на ленту конвейера-перегрузжателя, а также распределения материала по ширине основания. Задний отвал 5, состоящий из двух частей, расположенных за шнеками, окончательно профилирует поверхность. Задний отвал имеет дополнительно уширители, перемещаемые гидроцилиндром по направляющим, а также створки (в конце отвала), открывающие окно для удаления излишков грунта на продольный конвейер, а с него – на конвейер-перегрузжатель 6.

Каждая половина шнек-фрезы и шнека имеет свой независимый и взаимозаменяемый привод, состоящий из гидромотора, планетарного редуктора и цепной передачи.

Положение фрез, шнеков, передних и задних отвалов изменяется гидроцилиндрами и контролируется с помощью указателей заглубления.

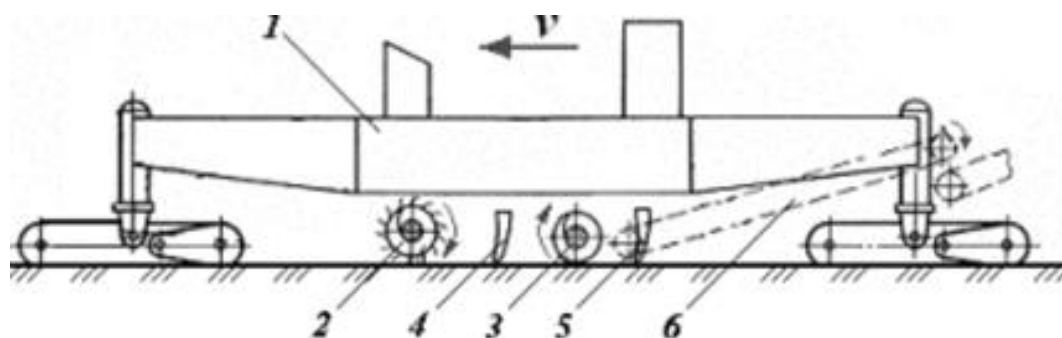


Рисунок 5 – Конструктивная схема профилировщика основания

На рисунке 6 представлена основные элементы рабочего оборудования *бетонораспределителя*, который предназначен для приема бетонной смеси из транспортных средств со стороны обочины и равномерного распределения на по ширине строящегося покрытия.

Рабочее оборудование состоит из шнек-фрезы 1 и отвала 2, прикрепленных снизу к основной раме (рис. 5. 6). Конструкция шнек-фрезы и его привода аналогична конструкции шнек-фрезы профилировщика. Шнек-фреза распределяет цементобетонную смесь, выгруженную на основание конвейером. Слой смеси окончательно планируется вторым распределительным рабочим органом – дозирующим отвалом, состоящим, как и шнек-фреза, из двух секций. К боковым листам рамы подвешены скользящие формы, ограничивающие ширину распределения цементобетонной смеси.

Конструкция рабочих органов позволяет регулировать положение их краев и середины при помощи гидроцилиндров для получения одно- и двухскатного профиля покрытия.

Машина оснащена выдвижным конвейером. Нижняя часть конвейера образует дно приемного бункера с выдвижением на обочину за габарит машины для приема бетонной смеси из автосамосвалов с задней разгрузкой.

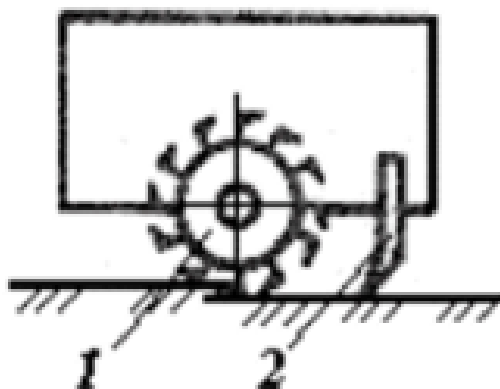


Рисунок 6 – Схема рабочих органов бетонораспределителя

На рисунке 7 представлена конструктивная схема *бетоноукладчика*, основная задача которого состоит в окончательном распределении и уплотнении уложенной бетонораспределителем смеси. Кроме того, он может осуществлять полуавтоматическую закладку стержней по оси покрытия и с боков для соединения бетонируемых полос, а также оборудован нарезчиком, с помощью которого устраивает продольный шов в свежеложенной смеси с заполнением его гидроизолирующей лентой.

Смесь распределяется по ширине шнековым распределителем 1, состоящим из двух независимых частей с левой и правой навивкой винтовых лопастей. Секции снабжены независимым приводом от реверсивного гидромотора через планетарный редуктор.

Дозирующий брус 2 расположен за шнеком и служит для регулирования толщины слоя бетонной смеси. Кроме того, он создает подпор смеси в шнеке,

способствуя осевому перемещению излишков смеси. Дозирующий брус с помощью четырех гидроцилиндров связан с поперечной балкой и может профилировать двухскатный профиль.

Глубинные вибраторы 3 являются основным оборудованием для уплотнения бетонной смеси, во многом определяющим дальнейшее качество покрытия. Глубинный вибратор представляет собой герметичный корпус, в котором размещен электродвигатель, приводящий во вращение эксцентриковый возбудитель с частотой. Над камерой глубинных вибраторов установлена распределительная труба для введения воды в смесь. В средней части камеры установлено оборудование для запрессовки в бетонную смесь штырей продольного шва.

За глубинными вибраторами расположена вибробрус-дозатор 4 (виброзаслонка), задачей которого является вторичное распределение и выравнивание смеси после ее проработки глубинными вибраторами. Вибробрус-дозатор окончательно дозирует слой проработанной глубинными вибраторами смеси с одновременным вибрированием его поверхности для получения верхнего тонкого слоя цементного раствора. Такой слой уменьшает сопротивление передвижению двух следующих за виброзаслонкой качающихся брусьев 5 и 6 и тем самым сводит к минимуму образование на поверхности борозд от протаскивания средних и крупных фракций заполнителя бетонной смеси.

Передний и задний качающиеся брусья окончательно уплотняют смесь, формируют покрытие необходимого профиля и выглаживают поверхность. Брусья состоят из двух частей коробчатого сечения. Возвратно-поступательное движение брусьев в поперечном направлении относительно укладываемого покрытия осуществляется механизмом, состоящим из гидромотора, планетарного редуктора, кривошипного вала и толкающих кулис.

Окончательная отделка поверхности производится плавающей плитой 7, состоящей из двух частей. В рабочем положении плавающая плита скользит по поверхности покрытия под действием силы тяжести, в транспортное положение поднимается гидроцилиндрами.

Боковые скользящие формы формируют боковые поверхности бетонного покрытия. Эти формы в верхней части шарнирно прикреплены к раме и отводятся в стороны тремя гидроцилиндрами с каждой стороны машины.

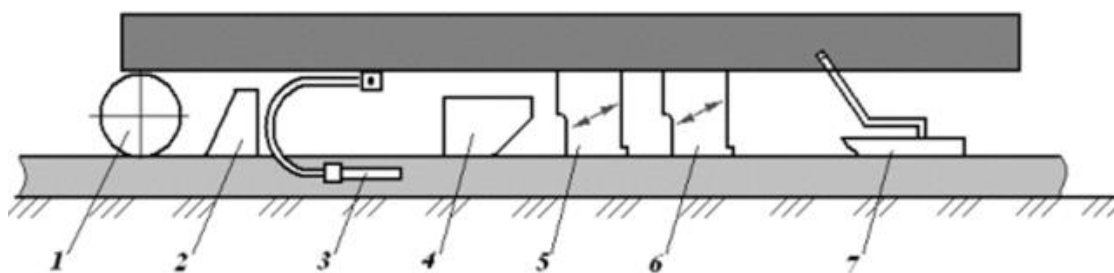


Рисунок 7 – Конструктивная схема бетоноукладчика

На рисунке 8 представлена конструктивная схема *финишера*, предназначенная для нанесения на свежеложенное покрытие пленкообразующих материалов и создания шероховатости.

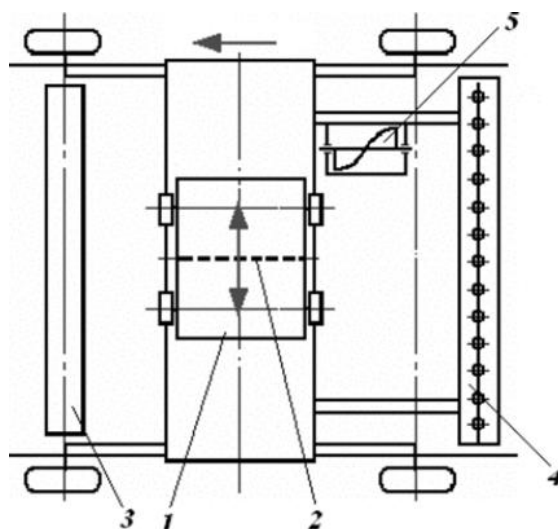


Рисунок 8 – Конструктивная схема финишера

По направляющим в поперечном направлении перемещается каретка 1, к нижней части которой через цепи и пружины присоединена швеллерная балка со щеткой 2. Такое соединение позволяет удерживать щетку в вертикальном положении и обеспечивать некоторую свободу ее перемещения относительно каретки. Каретка перемещается в обе стороны тяговыми канатами, ведущие блоки приводятся во вращение от гидромотора через цепную передачу.

Спереди к раме на двух шарнирных кронштейнах подвешены распылительное устройство 4 для нанесения пленкообразующей жидкости, закрытое кожухом, и два выносных сопла для обработки боковых поверхностей.

Работа машины начинается с нанесения борозд шероховатости на поверхность цементобетонного покрытия приблизительно через 40 минут после укладки смеси. Машина работает циклично, перемещаясь вперед на следующую захватку с учетом обязательного перекрытия новой зоны работы щетки с уже обработанной частью полосы покрытия. Если ширина обрабатываемой части полосы за проход щетки составляет 3000 мм, то машину перемещают на 2900 мм.

После нанесения борозд шероховатости машину возвращают к началу участка. В начале каждой смены пленкообразующую жидкость доставляют в бочках и расставляют их вдоль участка через 100...150 м. Затем насосом машины жидкость перекачивают в бак с одновальным лопастным смесителем 5. После наполнения бака опускают навесное распылительное устройство так, чтобы наконечники сопел находились над обрабатываемой поверхностью на расстоянии 40...50 см. Расход жидкости составляет 400...1000 г/м² в зависимости от температуры и скорости ветра.

При отсутствии пленкообразующей жидкости а также для укрытия све-жеуложенного покрытия при дожде машина снабжена устройством для намотки и размотки полиэтиленовой пленки 3.

На рисунке 9 представлены схемы рабочих органов *нарезчиков швов*. Во избежание растрескивания цементобетонных покрытий в связи с появлением напряжений в них в период твердения и эксплуатации, в покрытиях через определенное расстояние и с определенной глубиной нарезаются температур-ные швы расширения и сжатия.

Нарезка паза деформационных швов может осуществляться в свежеуло-женном бетоне по окончании отделки покрытия, или в затвердевшем бетоне в начальный период его твердения при достижении бетоном 20...30 % проект-ной прочности через 8...12 часов после отделки покрытия. Для каждого спо-соба нарезки швов применяют свои машины.

Рабочими органами машин, нарезающих швы в свежеуложенном бетоне, являются *виброножи* с механизмом подъема и опускания для нарезки попе-речных швов и *вибродиски* – для продольных швов.

Вибронож (рисунок 9, а) представляет собой балку 4 из двух швеллеров с укрепленной между ними и выступающей вниз стальной полосой 2, являю-щейся режущей кромкой ножа. На верхней площадке 3 установлены вибра-торы 1 кругового действия.

Вибродиск для нарезки продольного шва (рисунок 9, б) представляет со-бой диск 2, свободно вращающийся на оси. Диск установлен в кронштейне 3, на котором установлен вибратор 1.

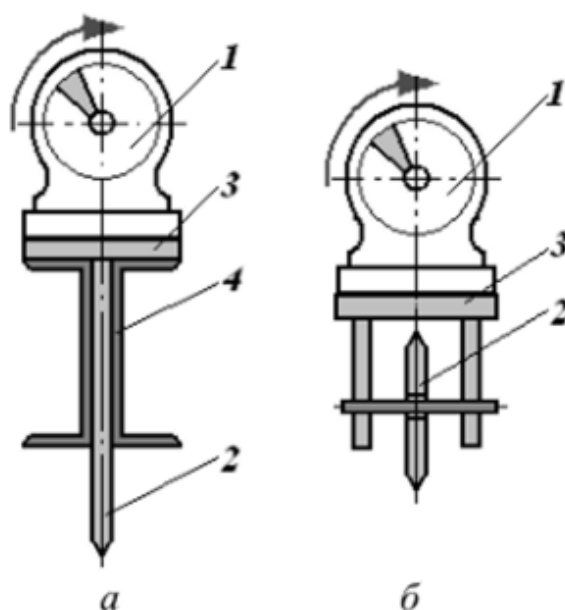


Рисунок 9 – Схемы рабочих органов нарезчиков швов

Раздел IV. Техническое обеспечение мелиоративных работ

Тема 4.1 Машины для содержания и ремонта каналов

1. Основные технологические операции по содержанию и ремонту каналов.

2. Классификация каналоочистителей.

3. Устройство и принцип работы каналоочистителей непрерывного и циклического действия.

1. Основные технологические операции по содержанию и ремонту каналов

В мелиоративных осушительных и оросительных системах важнейшим их составным элементом является *сеть каналов*.

В результате ошибок при проектировании, нарушений технологии строительства, влияния различных природных факторов, нарушений правил эксплуатации они теряют свою работоспособность.

В зависимости от причин утраты работоспособности для ее восстановления необходимо выполнять следующие *основные операции*:

- углубление и очистка русл каналов от наносов и заиления;
- удаление посторонних предметов;
- уход за сеяной травой, а также скашивание или удаление сорной травянистой растительности на дне, откосах и бермах;
- срезание древесно-кустарниковой растительности (ДКР);
- ремонт крепления русл и откосов, восстановление профиля и крепления.

Одним из основных видов работ на каналах является их очистка от наносов, что выполняется *каналоочистительными машинами*, и растительности, что выполняется *каналоокашивающими машинами*. Однако, ряд каналоочистительных машин снабжен рабочими органами, предназначенными и для удаления травянистой или древесно-кустарниковой растительности.

Различают следующие *способы очистки каналов*:

1) *Гидравлический* способ применяется, как правило, для удаления наносов в облицованных каналах путем организации течения воды с повышенными скоростями.

2) *Гидромеханический* – заключается в применении земснарядов или землесосов для удаления илистых или песчаных отложений.

3) *Химический* способ служит для уничтожения растительности путем обработки канала веществами, уничтожающими или подавляющими растительность (гербицидами и др.). Способ является экологически опасным.

4) *Огневой* – осуществляется путем сжигания растительности рабочим органом, состоящим из ряда бензиновых или газовых горелок. Способ является пожароопасным, особенно на торфяниках.

5) *Биологический* способ предназначен для борьбы с сорной растительностью в периметре канала и заключается в ее подавлении путем засеивания откосов каналов кормовыми травами, а также уничтожении растительности зарыблением каналов и водоемов.

6) *Газодинамический* способ предназначен для выдувания загрязнений из сухого облицованного канала выдуваются высокоскоростными газовыми струями.

7) *Механический* способ состоит в применении для содержания, ремонта и реконструкции каналов и других мелиоративных объектов общестроительных и специализированных эксплуатационных машин с механическим рабочим оборудованием.

8) *Механическо-пневматический* способ заключается в применении машин с механическим отделением удаляемой среды и пневматическим ее транспортированием за пределы канала.

9) *Электроискровой* способ предназначен для угнетения травяной растительности путем пропускания через нее электрического тока.

Для удаления растительности из каналов зачастую применяются специализированные машины – косилки, подборщики, опрыскиватели, травосжигатели и т.п. Способ очистки канала, технология его обслуживания и ремонта, вид назначаемых машин зависят также от крепления канала, его назначения и размеров.

2. Классификация каналоочистителей

Каналоочистители классифицируются по следующим признакам:

- *По назначению:*

- 1) для удаления наносов;
- 2) для восстановления поперечного сечения каналов;
- 3) многоцелевые.

- *По характеру выполнения рабочего процесса:*

- 1) циклического действия (как правило, они имеют одноковшовый рабочий орган с различными типами стрел и ковшей);
- 2) непрерывного действия.

- *По виду рабочего органа каналоочистители непрерывного действия делятся на:*

- 1) многоковшовые цепные;
- 2) многоковшовые роторные;
- 3) скребковые цепные;
- 4) шнековые;
- 5) фрезерные;
- 6) отвально-фрезерные и др.

- *По режиму передвижения в процессе работы:*

- 1) машины позиционного действия;
- 2) машины, осуществляющие рабочий процесс в движении.

- *По зоне рабочего передвижения:*
 - 1) береговые;
 - 2) внутриканальные;
 - 3) надканальные;
 - 4) движущиеся по откосу, берме и откосу, откосу и дну, двум откосам, со сменными зонами.
- *По типу ходового устройства:*
 - 1) гусеничные;
 - 2) колесные;
 - 3) гусенично-колесные;
 - 4) шагающие;
 - 5) плавучие.
- *По способу агрегатирования:*
 - 1) навесные;
 - 2) полунавесные;
 - 3) прицепные;
 - 4) полуприцепные.
- *По направлению рабочего передвижения режущих или копающих элементов:*
 - 1) продольного копания (черпания);
 - 2) поперечного копания;
 - 3) изменяемого направления копания.
- *По расположению оси вращения основного рабочего органа каналоочистители непрерывного действия делят на каналоочистители с:*
 - 1) вертикальной осью вращения;
 - 2) горизонтальной осью вращения;
 - 3) наклонной осью вращения;
 - 4) регулируемой осью вращения.

3. Устройство и принцип работы каналоочистителей непрерывного и циклического действия

Наиболее распространенными рабочими органами каналоочистителей непрерывного многоковшовые цепные, многоковшовые роторные, скребковые цепные, шнековые, фрезерные, землесосные, щеточные, газодинамические комбинированные. При выполнении очистки каналов рабочий орган машин данной группы устанавливается в рабочее положение относительно канала и приводится в действие. После этого каналоочиститель начинает перемещаться с рабочей скоростью вдоль канала, обеспечивая тем самым очистку или, при необходимости, профилирование канала. Часто эти машины могут использоваться также для обработки кюветов, водоводных лотков, откосов дамб и дорог.

Рассмотрим некоторые наиболее распространенные конструкции каналоочистителей непрерывного действия.

Конструкция многоковшового цепного рабочего органа поперечного копания представлена на рисунке 1.

Он состоит из рамы рабочего органа 1, ковшей 2, ковшовой цепи 3, планирующего звена 4, лопастного метателя 5, ленточного конвейера 6, привода с ведущими звездочками 8. Приводимая в действие ведущими звездочками ковшова цепь, охватывающая раму, движется вместе с закрепленными на ней ковшами, которые боковой режущей кромкой срезают грунт, постепенно им заполняются. Для предотвращения вытекания переувлажненного грунта через заднюю кромку сверху ковш закрыт подвижным днищем 10, удерживаемым в исходном положении пружиной 9. Выйдя за пределы канала и поднявшись в зону выгрузки, ковш выступом на днище наталкивается на подпружиненный обрезиненный ролик 7. При этом днище ковша повернется (рисунок 1, б) и вытолкнет грунт из ковша, после чего оно возвращается в исходное положение. Удаляемый из ковшей грунт падает рядом с каналом в виде небольшого кавальера, который впоследствии потребует разравнивания. Для увеличения дальности отбрасывания извлекаемого грунта на рабочем органе может устанавливаться ленточный конвейер, на который будет попадать удаляемый из ковшей грунт, или лопастный метатель. Последний, кроме увеличения дальности отбрасывания, обеспечивает и распределение грунта относительно тонким равномерным слоем, не требующим разравнивания.

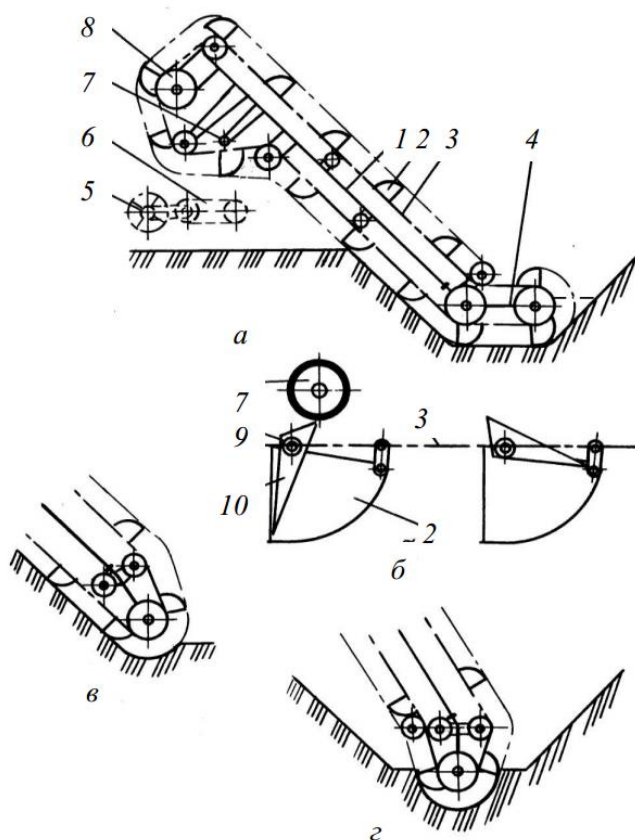


Рисунок 1 – Схема многоковшового цепного рабочего органа поперечного копания:
 а – рабочего органа в сборе; б – процесса выгрузки грунта;
 в – схема очистки откоса; г – схема очистки дна

Схемы скребковых рабочих органов представлены на рисунке 2. Они являются, как правило, органами поперечного копания, очищающими откос (рисунок 2, а), дно и откос (рисунок 2, б), а также могут быть полнопрофильными (рисунок 2, в), в том числе предназначенными для очистки кюветов.

Рабочим органом является одно- или двухрядная цепь 2, охватывающая ведущую 1 и направляющую 5 звездочки, установленные на раме 4. Режуще-транспортными элементами служат прямоугольные скребки 3.

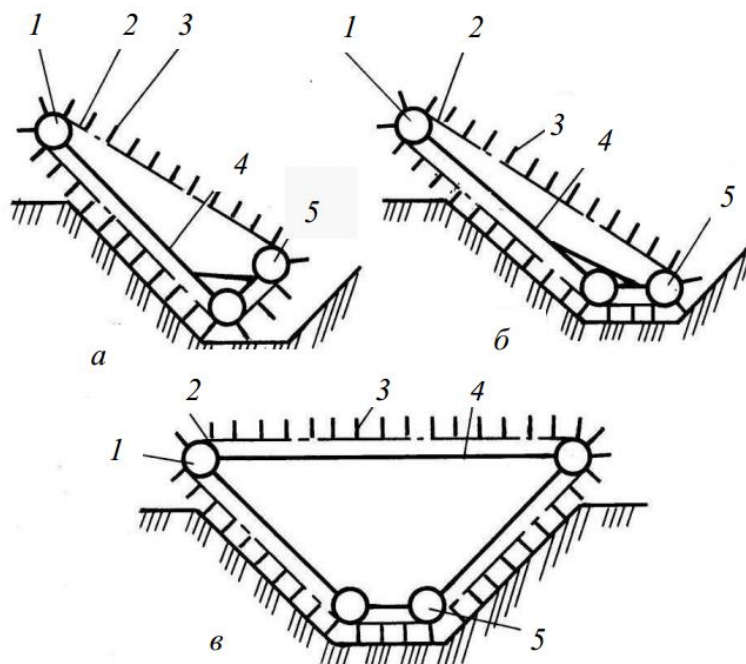


Рисунок 2 – Скребковые рабочие органы:

а – для очистки откоса; б – для очистки дна и откоса; в – полнопрофильные

Схема шнекового рабочего органа представлена на рисунке 3. Грунт отделяется и перемещается в осевом направлении вращающимся шнеком, который обычно частично охвачен кожухом. Вращаемый приводом 1 шнек 4 срезает с откоса грунт и перемещает его вверх. Перемещаемый грунт находится внутри цилиндрической поверхности, образованной кожухом 3 и грунтом забоя. Выгрузка производится в кавальер на берму через выгрузное окно 2 в кожухе. Верхняя часть рабочего органа связана с базовой машиной и опирается на нее, а нижняя – на лыжу 5. Для обеспечения подчистки дна к нижней части кожуха крепится пассивный отвал 6, направляющий донные отложения к шнеку. Размещение извлеченных из канала наносов на его берме требует последующего их перемещения и планировки, поэтому шнеки зачастую оснащены метателями или иногда работают в комбинации с фрезами.

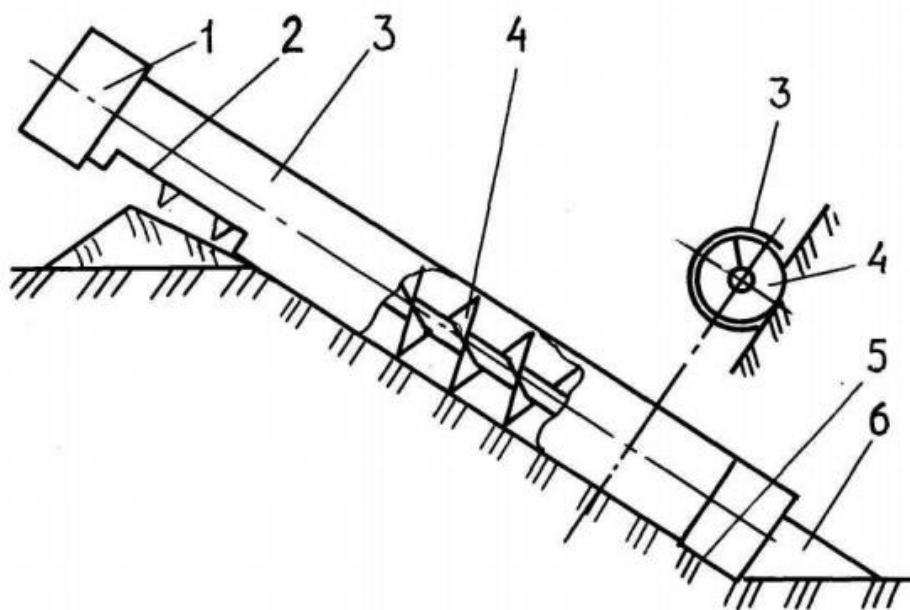


Рисунок 3 – Шнековый рабочий орган с осью вращения, параллельной откосу

Схема каналоочистителя с фрезерным рабочим органом представлена на рисунке 4.

Фрезерные рабочие органы отличаются высокими скоростями резания (20 м/с и более) и имеют различное расположение оси вращения фрезы. Рабочий орган 7 обычно навешивается сбоку на колесный или гусеничный трактор 1 посредством стрелы 3 и рукояти 5. Фреза приводится в действие от вала отбора мощности или от гидромотора 8. Подъем и опускание стрелы и рукояти производятся гидроцилиндрами 2 и 4. Угол и дальность выброса наносов изменяются тягой 6. Очистка канала производится при движении машины вперед.

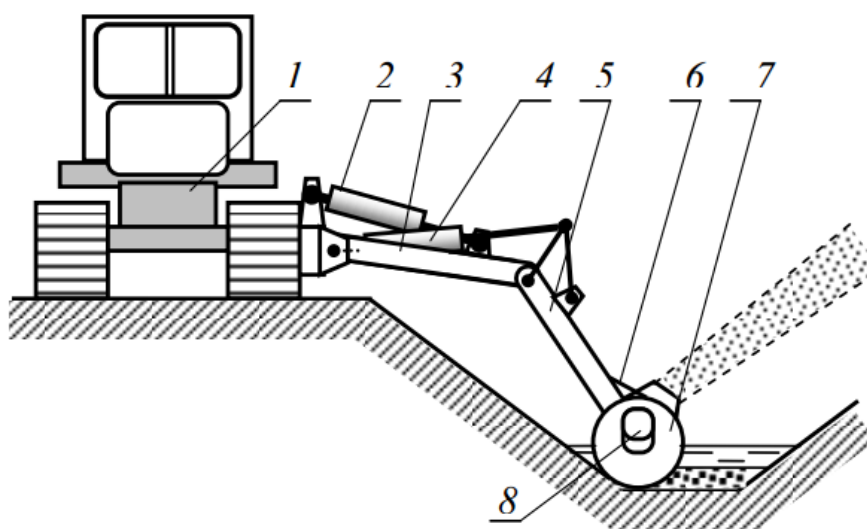


Рисунок 4 – Схема каналоочистителя с фрезерным рабочим органом с осью вращения, параллельной оси канала

Применение узкоспециализированных каналоочистителей непрерывного действия не всегда возможно по ряду причин. К таким причинам можно отнести: наличие камней и древесных остатков в удаляемых грунтах, сильная деформация бермы или откосов, большие размеры каналов, чрезмерное зарастание каналов, отсутствие воды в канале, большая глубина воды в канале, необходимость очистки водоемов и др.

Для работы в подобных условиях предназначены *каналоочистители циклического действия*. В большинстве своем они представляют собой разного рода ковши, навешенные по схеме обратной лопаты или драглайна на базовую машину – трактор, одноковшовый экскаватор или специальное колесное или гусеничное шасси. В небольшом количестве выпускаются плавучие машины.

Рабочие органы каналоочистителей циклического действия представлены ковшом «обратная лопата», драглайном, грейфером и др. Ковши могут иметь разное конструктивное исполнение: с отверстиями, решетчатый, решетчатый с удлиненными зубьями, ковш-грабли, ковш-косилка, ковш уширенный с прямой режущей кромкой, ковш уширенный поворотный, ковш профильный, грейферный, с поперечным наклоном, с газодинамической выгрузкой и др.

Наиболее распространенные варианты исполнения рабочих органов циклического действия представлены на рисунке 5.

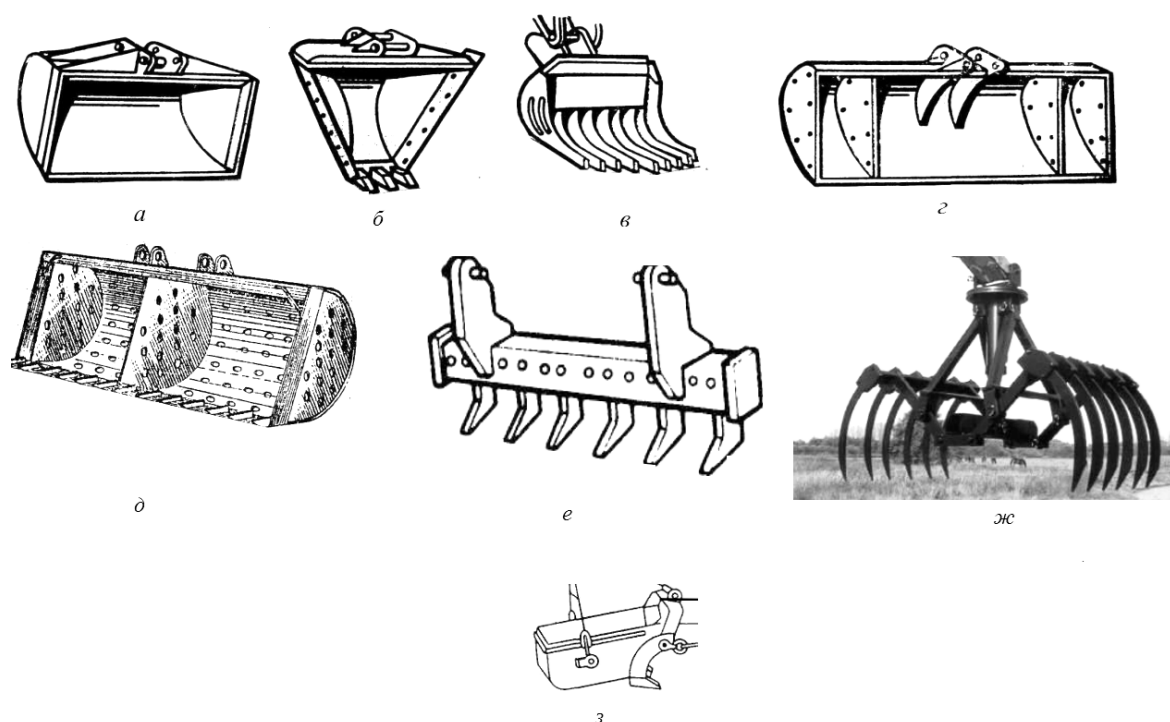


Рисунок 5 – Виды сменных рабочих органов циклического действия:
 а – уширенный ковш с прямой режущей кромкой; б – профильный ковш; в – борона для удаления растительности; г – уширенный ковш с перегородками; д – решетчатый ковш;
 е – корчующий рабочий орган; ж – челюстной захват; з – драглайн

Поскольку наносы являются легкоразрабатываемыми грунтами, режущая часть ковша может выполняться без зубьев в виде прямой режущей кромки (рисунок 5, а). Такой ковш позволяет получить и более ровную очищенную поверхность.

Профильный ковш (рисунок 5, б) работает по продольной схеме копания. Он позволяет качественно очищать дно каналов, обеспечивая их хорошее сопряжение с откосами и получать ровные откосы. Однако продольную схему работы сложно осуществить при очистке в отличие от прокладки каналов.

Для удаления из каналов растительности и посторонних предметов используется навешиваемая на рукоять одноковшового экскаватора борона (рисунок 5, в).

При большой ширине ковша его усиливают вертикальными перегородками (рисунок 5, г).

Повышения коэффициента наполнения ковша добиваются, выполняя его с отверстиями или щелями в днище и стенках (рисунок 5, д). Это могут быть ковши обратной лопаты, драглайна, профильные, поворотные и др.

Очистка каналов от древесно-кустарниковой растительности производится корчующим рабочим органом (рисунок 5, е). Данный рабочий орган имеет малую массу, конструктивно прост и достаточно производителен, однако при удалении кустарника на откосах часто остаются ямы от выкорчеванной корневой системы.

Извлечение посторонних предметов и погрузка срезанной растительности могут выполняться многозубым челюстным захватом (рисунок 5, ж).

Специализированным оборудованием продольного копания, предназначенным для очистки или реконструкции мелиоративных каналов, является боковой драглайн (рисунок 5, з).

Одним из наиболее широко применяющихся ковшей является *ковш уширенный поворотный* или *циркульный ковш*. Уширенные поворотные ковши используются на очистке каналов с объемом наносов до 2 м³ на метр длины канала. В очищаемых каналах допускается наличие камней размером до 30 см, глубина воды в канале – не более одного метра.

Экскаваторы с поворотным ковшом способны удалять в периметре канала грунт вместе с кустарниковой растительностью при толщине стволов до 5 см. На рисунке 6 показана установка уширенного поворотного ковша на гидравлическом экскаваторе. Здесь ковш 1 с перегородкой крепится к рукояти 3. Его поворот осуществляется гидроцилиндром 4 через рычажную систему 2. Поворот рукояти относительно стрелы 5 осуществляется гидроцилиндром 6.

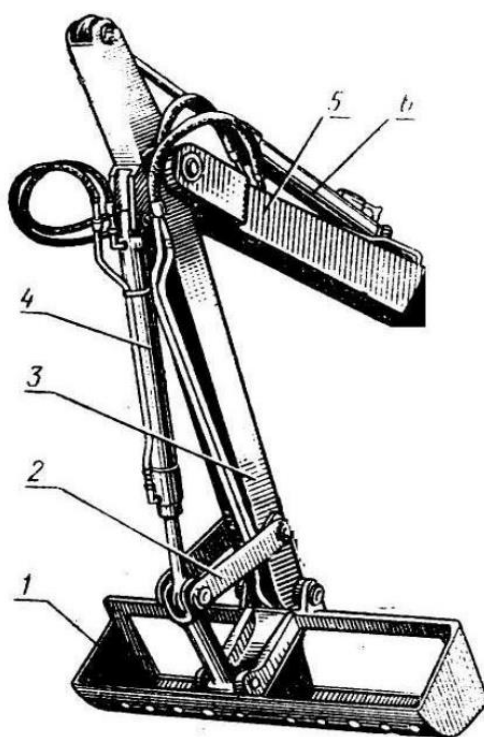


Рисунок 6 – Общий вид поворотного ковша с перегородкой

Схемы работы такого ковша показаны на рисунке 7.

При очистке противоположного откоса (рисунок 7, а) ковш 1 подтягивается за счет поворота рукояти 4 и приподнимания или опускания стрелы 5. Нужное положение или поворот ковша обеспечиваются гидроцилиндром 3 посредством рычажной системы 2, которая предназначена для увеличения угла поворота ковша.

При очистке только дна (рисунок 7, б) забор грунта производится поворотом ковша при неподвижных стреле и рукояти, а при очистке ближнего откоса (рис 7, в) – подтягиванием рукояти гидроцилиндром 6 и соответствующим перемещением стрелы гидроцилиндром 7.

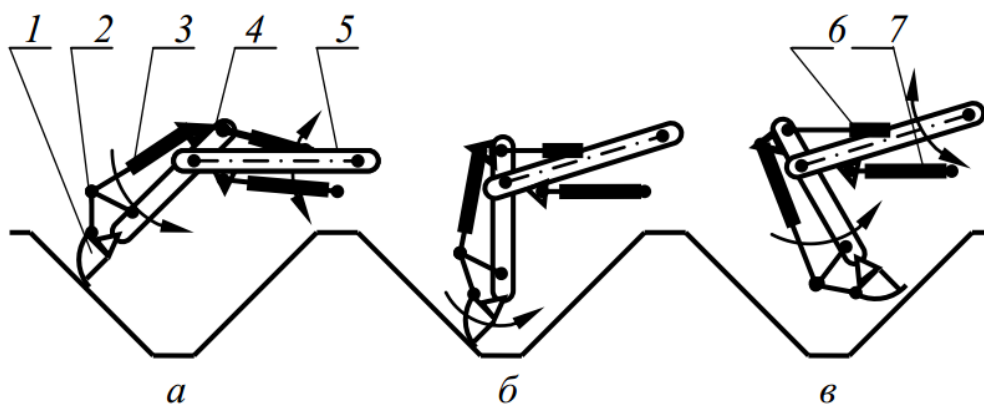


Рисунок 7 – Схема работы экскаватора с уширенным поворотным (циркульным) ковшом: а – очистка дальнего откоса; б – очистка дна; в – очистка ближнего откоса

Тема 4.2 Машины для скашивания и удаления растительности из каналов

1. Назначение и классификация машин для скашивания и удаления растительности из каналов.

2. Устройство и работа косилок с сегментными и сегментно-пальцевыми режущими аппаратами.

3. Устройство и работа косилок с ротационным рабочим органом.

4. Машины для удаления из каналов срезанной растительности.

1. Назначение и классификация машин для скашивания и удаления растительности из каналов

Рассматриваемая группа машин предназначена для срезания травянистой растительности и кустарниковой поросли, а также растительности на берегах, откосах и дне каналов, извлечения ее из каналов или уничтожения непосредственно в канале. Некоторые специальные виды машин и рабочих органов могут использоваться для срезания кустарника, мелкокося и обрезки ветвей деревьев лесозащитных полос мелиоративных систем.

Их классифицируют по следующим признакам:

- *По технологическому назначению:*

- 1) косилки;
- 2) подборщики срезанной растительности;
- 3) косилки-подборщики;
- 4) плавучие комбайны;
- 5) косилки-измельчители;
- 6) опрыскиватели;
- 7) машины для электроискрового угнетения растительности;
- 8) ручные косилки;
- 9) обрезчики ветвей.

- *По типу воздействия на растительность:*

- 1) механического действия;
- 2) химического действия;
- 3) электроискрового действия.

- *По виду базовой машины:*

- 1) трактор;
- 2) автомобиль;
- 3) специальное колесное шасси;
- 4) мотоблок;
- 5) плавучее средство (катер, мотобот, понтон и др.).

- *По месту расположения навески рабочего органа:*

- 1) фронтальная;
- 2) передняя боковая;
- 3) боковая;

- 4) задняя боковая;
- 5) задняя;
- 6) на дополнительной опоре;
- 7) на поворотной платформе;
- 8) на поворотной колонке.

- *По зоне их передвижения:*

- 1) берма;
- 2) откос;
- 3) берма и откос;
- 4) берма и дно;
- 5) два откоса;
- 6) русло канала (плавучие).

- *По обрабатываемому элементу поперечного сечения канала:*

- 1) берма;
- 2) откос;
- 3) дно;
- 4) откос и дно;
- 5) полнопрофильные.

- *Косилки по типу режущего аппарата бывают:*

- 1) сегментные;
- 2) сегментно-пальцевые;
- 3) стреловидные;
- 4) с волочащейся косой;
- 5) ротационные с дисковым, цепным или барабанным режущим аппара-

том.

- *Косилки по виду взаимодействия режущих элементов со срезаемой растительностью бывают:*

- 1) безопорного (рубящего, ударного или инерционного) действия;
- 2) опорного действия;
- 3) ударно-скользящего действия.

2. Устройство и работа косилок с сегментными и сегментно-пальцевыми режущими аппаратами

Одними из часто применяющихся на косилках режущих аппаратов являются *сегментно-пальцевые*. Они могут иметь механический привод от вала отбора мощности или гидравлический – от гидромотора.

Конструктивная схема рабочего оборудования сегментно-пальцевой косилки с гидроприводом показана на рисунке 1.

Оно состоит из гидросистемы 1, системы управления 2 и 3, стрелы 4, режущего аппарата 5 с редуктором привода 6 и гидромотором 7. Для образования вала срезанной растительности режущий аппарат может быть снабжен полевым делителем 8. Оборудование навешивается на трактор посредством рамы 9.

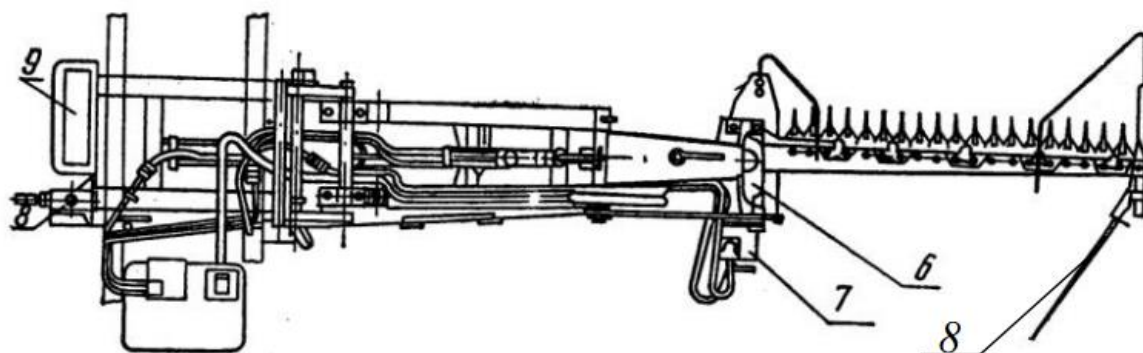
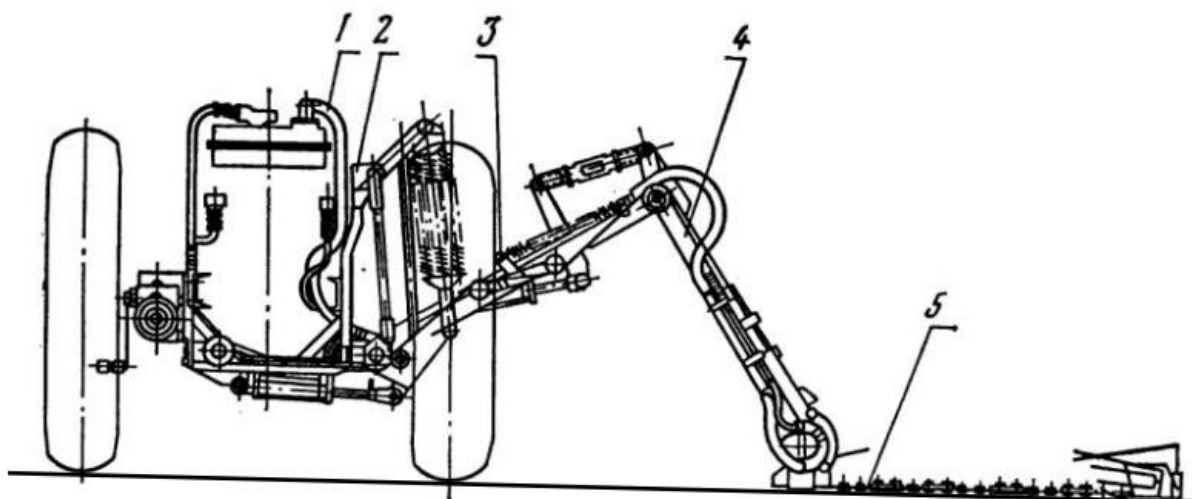


Рисунок 1 – Конструктивная схема рабочего оборудования косилки с сегментно-пальцевым режущим инструментом

Продольный разрез по пальцу режущего аппарата косилки приведен на рисунке 2.

Основой режущего аппарата является брус 1, к которому крепятся пальцы 2 с противорежущими ножами или пластинами 8, защищенными пером 7 пальца. Вдоль бруса установлена подвижная спинка 5 с прикрепленными к ней заклепками 6 режущими сегментами 7. Для обеспечения прижатия режущих сегментов к противорежущим ножам служат прижимы 4, упруго прикрепленные к брусу болтами 3. Спинка соединена с приводом и в процессе работы вместе с сегментами совершает возвратно-поступательные движения. Пальцы упорядочивают процесс резания и защищают режущие сегменты от крупных посторонних предметов.

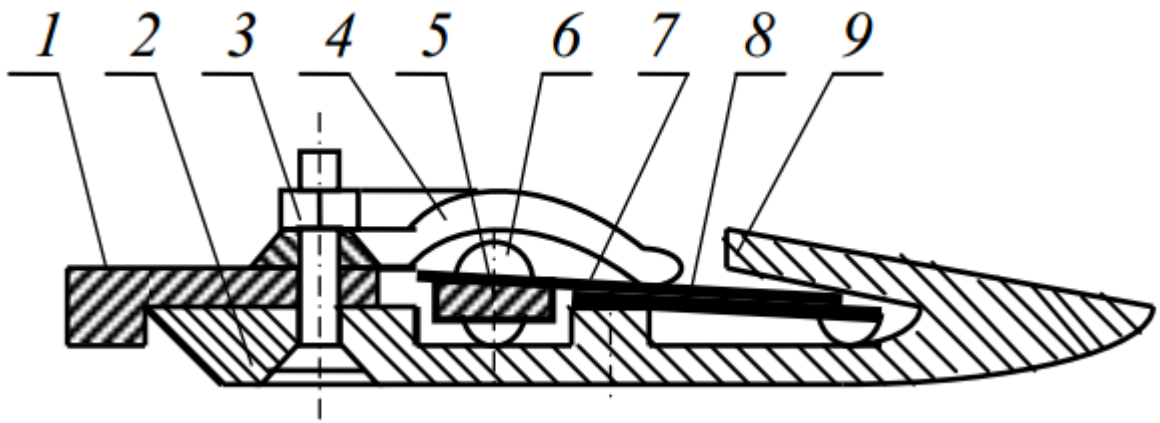


Рисунок 2 – Разрез рабочего оборудования косилки с сегментно-пальцевым режущим инструментом

Сегменты движутся с большой частотой (до 500 двойных ходов в минуту), вызывая сильные инерционные нагрузки в рабочем органе. Этому недостатка лишен сегментный двухножевой режущий аппарат (рисунок 3), у которого сегменты совершают противоположно направленные возвратно-поступательные движения, взаимно уравнивающие силы инерции. Кроме того, он имеет возможность работать с повышенными поступательными скоростями, что почти в два раза позволяет увеличить производительность косилки с подобным аппаратом.

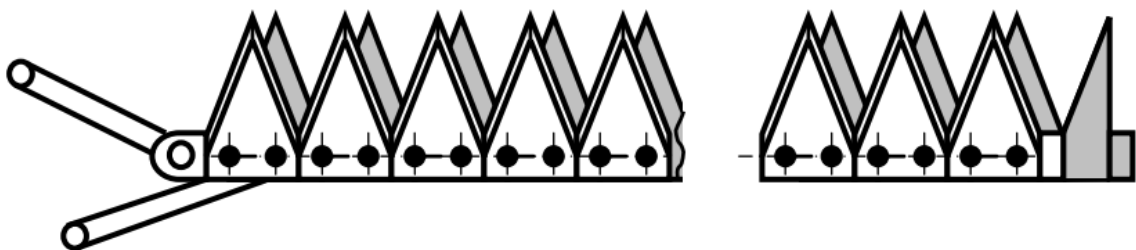


Рисунок 3 – Схема сегментного двухножевого режущего аппарата

Привод аппаратов обеспечивается от ВОМ или от гидромотора через планетарный или кривошипно-шатунный механизм с различными вариантами конструкций трансмиссий его привода (рисунок 4).

При использовании планетарного привода режущее полотно 5 (рисунок 4, а) приводится в действие шатуном 4, совершающим возвратно-поступательное движение. Величина хода ножей равна двум радиусам кривошипа или диаметру сателлита.

У сегментного с кривошипным приводом (рисунок 4, б) шатун совершает сложное колебательно возвратно-поступательное движение. Величина хода ножей равна двум радиусам кривошипа.

У сегментного с вилкой и кривошипом (рисунок 4, в) вращающийся диск 8 вращает вал вилки 6. При этом происходит колебание относительно вертикальной оси вала 7. С ним связан шатун 4, который и обеспечивает возвратно-поступательное движение сегментов 5.

Сегментный двухножевой с кривошипным приводом (рисунок 4, г) работает аналогично сегментному с кривошипным приводом, но верхние и нижние сегменты перемещаются одновременно в противофазе.

У сегментного двухножевого с кривошипно-кулисным приводом (рисунок 4, д) ножи перемещаются кулисами 9, которые в противофазе совершают колебательные движения под воздействием шатунов 4, приводимых в движение кривошипами 2. Величина хода сегментов зависит от соотношения длин кривошипов и мест крепления шатунов к кулисам.

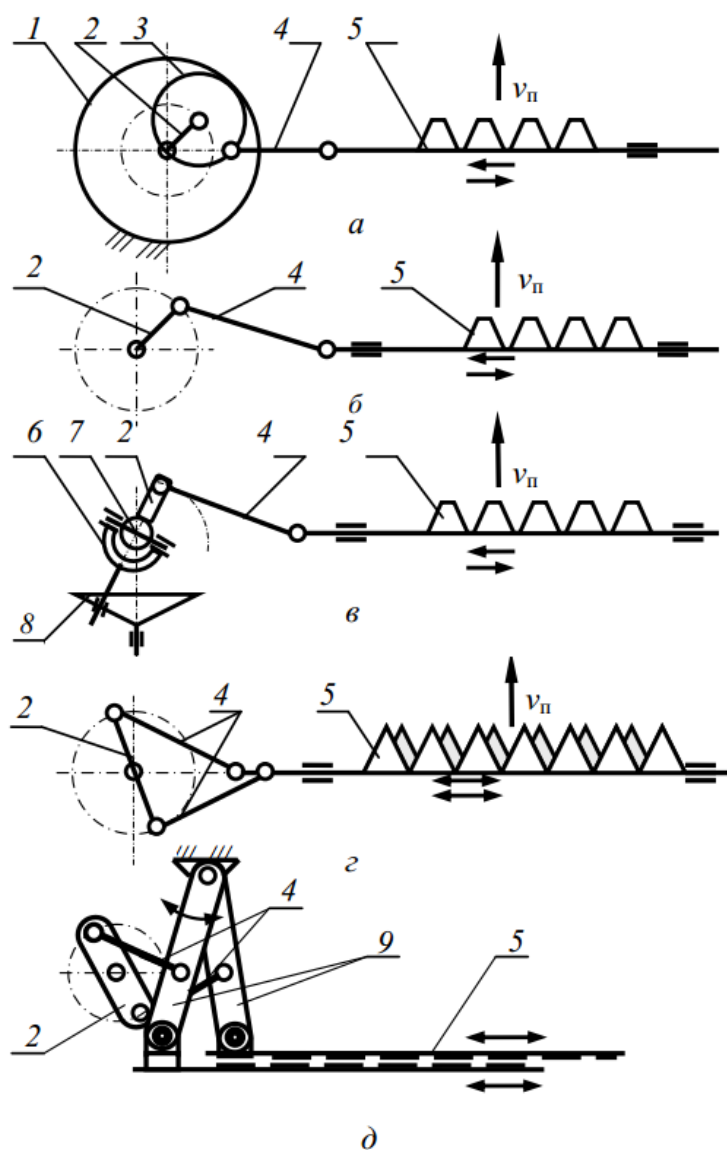


Рисунок 4 – Кинематические схемы сегментных режущих аппаратов:
 а – сегментного с планетарным приводом; б – сегментного с кривошипным приводом;
 в – сегментного с вилкой и кривошипом; г – сегментного двухножевого с кривошипным
 приводом; д – сегментного двухножевого с кривошипно-кулисным приводом

3. Устройство и работа косилок с роторным рабочим органом

Наиболее распространенными аппаратами, применяющимися при окашивании откосов каналов, являются роторные аппараты с осью вращения ротора, перпендикулярной откосу. Они срезают растительность роторами (дисками) с жестко или шарнирно закрепленными ножами.

По числу роторов различают косилки одно-, двух- и многороторные.

Общее устройство рабочего оборудования однороторной косилки, работающей по полунавесной схеме, показано на рисунке 5.

Рабочее оборудование на базовый трактор навешивается посредством основной рамы 10. К ней крепится стрела 8, к которой, в свою очередь, с помощью пальцев 6 шарнирно присоединяется рукоять 5. Соединение рукояти с ротором 2 осуществляется шаровым шарниром 4, позволяющим лыжам 13 с ротором копировать неровности откоса. Привод ротора осуществляется от гидромотора 12 через цилиндрический редуктор 3 и вал 11. Ротор накрыт кожухом 1, защищающим диск и ножи и обеспечивающим требуемое направление выброса срезанной растительности. Подъем и опускание рабочего органа производятся гидроцилиндрами 7 и 9.

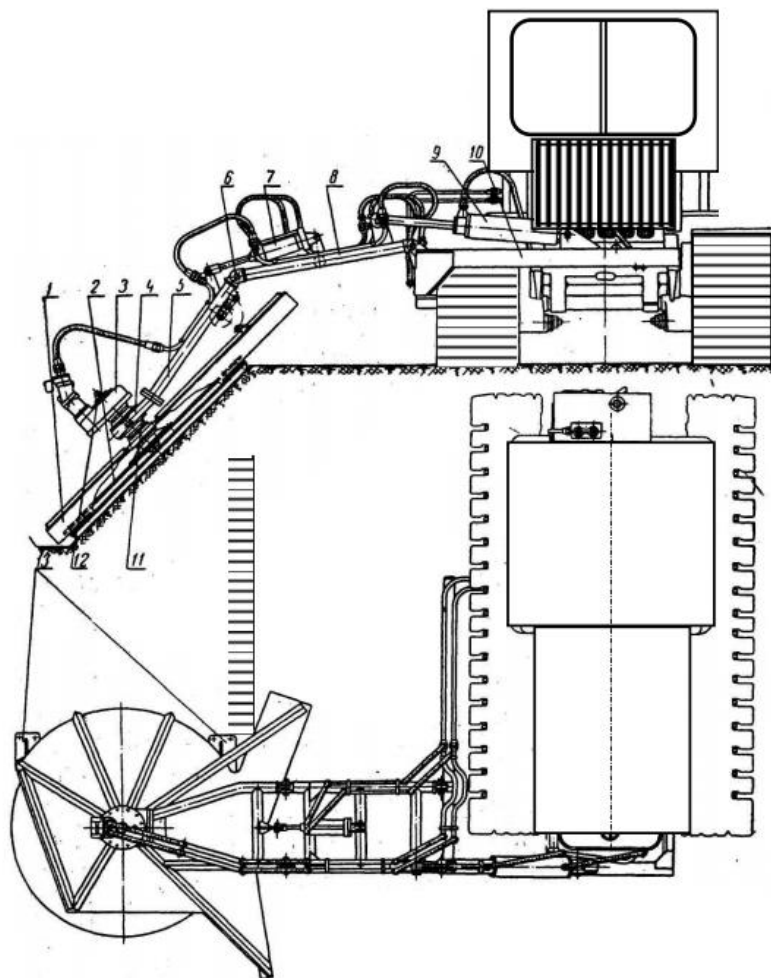


Рисунок 5 – Конструктивная схема однороторной полунавесной косилки

Конструкция двухроторного рабочего органа, предназначенного для окашивания откосов и навешиваемого сбоку на трактор посредством стрелы с рукоятью показана на рисунке 6.

Режущий аппарат связан с рукоятью соединительным звеном, предупреждающим воздействие стрелы на режущий аппарат при поперечных колебаниях базовой машины. В транспортное положение рабочий орган переводится посредством гидроцилиндра с тросовой тягой.

Соединительное звено с режущим аппаратом сообщено с помощью узла присоединения 2, снабженного проушинами 1. Режущий аппарат косилки имеет роторы 6, приводимые во вращение гидромоторами, к которым по маслопроводам 3 и 4 подается от насоса рабочая жидкость. Роторы состоят из крестовины 8 с шарнирно закрепленными на ней ножами 5. Роторы с приводом накрыты колпаками 9 и посредством стаканов крепятся к корпусу 6. В процессе работы рабочий орган опирается на откос тарельчатыми опорами 7.

Поскольку привод от гидромоторов не обеспечивает полной синхронности вращения роторов, траектории концов ножей не должны перекрываться. Между ними должен быть зазор, но растительность должна гарантированно срезаться. Для этого корпус выполняется изогнутым, что обеспечивает перекрытие полос, захватываемых каждым из роторов. Кроме того, роторы имеют встречное вращение, обеспечивающее укладывание срезанной растительности в компактный валок, смещенный к берме канала.

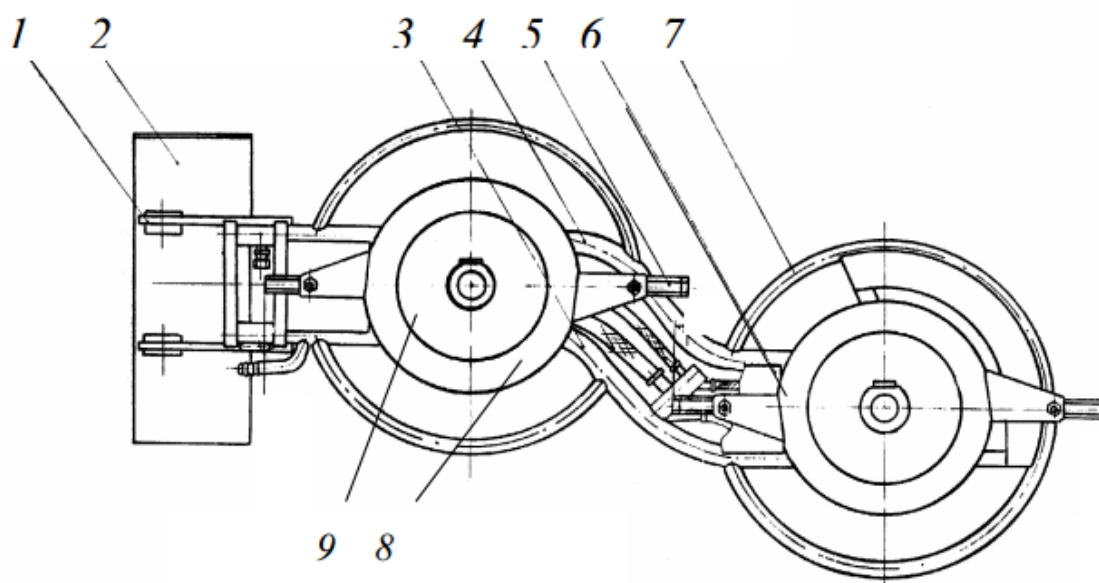


Рисунок 6 – Конструктивная схема двухроторного рабочего органа косилки

В настоящее время для ухода за мелиоративными системами наиболее широко распространение получили многороторные (в основном трех- и четырехроторные) косилки. Режущие аппараты навешиваются на колесный и реже гусеничный трактор или используются в качестве сменного рабочего органа к многоцелевым каналочистителям.

Устройство многороторной косилки, имеющей механический привод и навешиваемой сзади-сбоку на колесном тракторе, показаны на рисунке 7.

У данной косилки роторы приводятся во вращение ременным приводом 1. Основой навески косилки являются кронштейны 2 и 3 и балка 6. Подъем и опускание режущего аппарата 7 выполняются гидроцилиндром 4 посредством трос 5. Вращение на роторы передается от вала отбора мощности через карданный вал 8, центробежную обгонную муфту 9 и ременную передачу 10. В режущем аппарате с конического редуктора 11 вращение передается на вертикальный вал 17 с ведущей шестерней 16, далее на промежуточные шестерни 15 и с них на зубчатые колеса 12,13 и роторы 14.

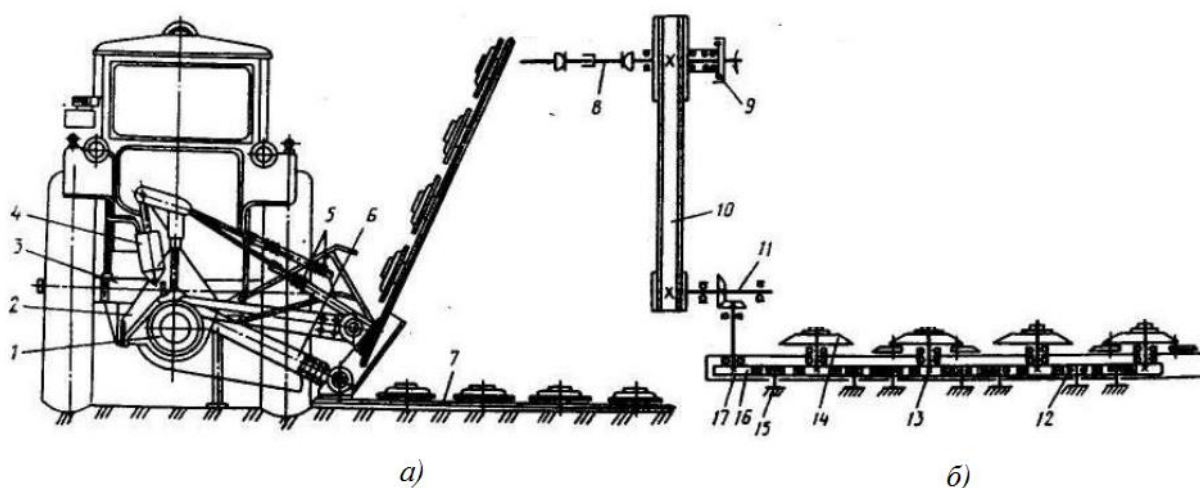


Рисунок 7 – Многороторная косилка:
а) конструктивная схема; б) кинематическая схема привода роторов

4. Машины для удаления из каналов срезанной растительности

Механическим рабочим органом для подборки срезанной растительности является *конвейерный цепной подборщик*, устройство которого приведено на рисунке 8.

Подборщик является машиной непрерывного действия, которая перемещается вдоль канала. Подборщик состоит из рамы 5, с ведущей 6 и ведомой 1 звездочками и тяговой цепи 4 с шарнирно прикрепленными к ней граблями 3. Движущаяся цепь перемещает граблины и выносит ими срезанную растительность на берму канала. Рабочий орган опирается на колеса 2.

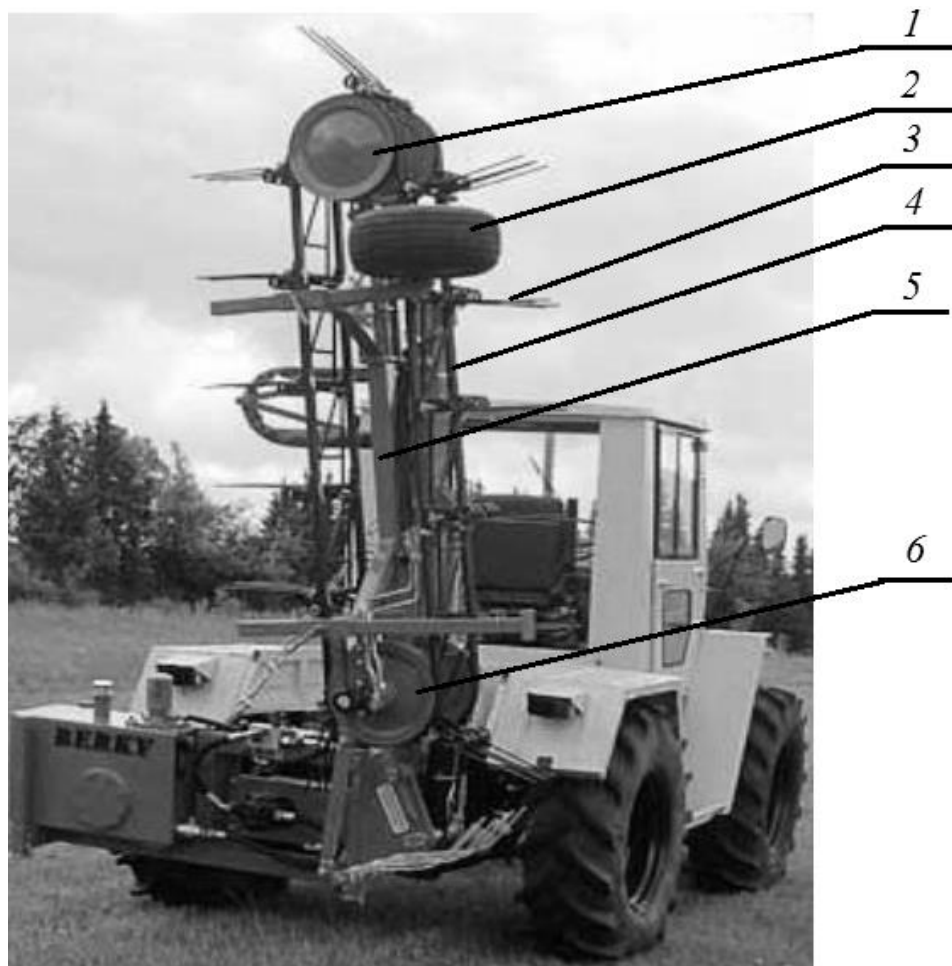


Рисунок 8 – Общий вид цепного конвейерного подборщика

Наряду с цепными подборщиками для ухода за мелиоративными системами применяются ротационные грабельные рабочие органы (рисунок 9). Привод ротора обычно осуществляется от гидромотора (рисунок 9, а), от вала отбора мощности посредством карданной передачи (рисунок 9, б) или от вала отбора мощности посредством ременной передачи (рисунок 9, в).

В процессе вращения ротора граблины, находящиеся в вертикальном положении, захватывают срезанную растительность и перемещают ее к месту укладки валка. При подходе к этому месту механизм поворота граблин переводит их в горизонтальное положение и освобождает от перемещаемой растительности.



а)



б)



в)

Рисунок 9 – Ротационные грабельные рабочие органы:
а) с гидроприводом; б, в) с механическим приводом

Тема 4.3 Машины и оборудование для промывания и ремонта закрытого дренажа

1. Причины нарушения и способы восстановления работоспособности дренажа.

2. Машины для промывания и ремонта дрен.

1. Причины нарушения и способы восстановления работоспособности дренажа

К наиболее часто встречающимся причинам нарушения работоспособности закрытого трубчатого дренажа можно отнести следующие:

- ошибки при проектировании (например, недостаточный уклон);
- нарушения технологии строительства (например, отклонение от требуемого уклона, несоблюдение прямолинейности дна траншеи, передавливание и разрушение труб и др.);
- заиливание;
- зарастание, т.е. проникновение в полость дрены корней растений;
- заохривание, т.е. заполнение сечения дрены карбонатами железа, алюминия, кремния, марганца;
- изменение соосности или уклона дрены в результате проседания грунта;
- подмывание дрены (суффозия);
- забивание водоприемных отверстий и пор фильтрующих материалов.

В зависимости от причин нарушения работоспособности дрен и особенностей дренажной сети применяются химический, механический, гидравлический, гидромеханический и ультразвуковой способы очистки.

Химический способ применяется для борьбы с заохриванием в грунтах, богатых железистыми соединениями, обычно проводимый раз в 4–5 лет. При проведении очистки дрен с применением данного способа вскрывается начало дрены, а устье закрывается пробкой. После этого в дренаж подается водный раствор, содержащий 0,3 % серной кислоты и 2 % бисульфата натрия (NaHSO_4), или нагнетается газообразная двуокись серы (SO_2) в количестве 18,6 кг на 1 м³ полости дрены. Также в дренаж может подаваться и вода с предварительно растворенной в ней двуокисью серы из расчета 1 кг двуокиси на 57 л воды. Не менее чем через сутки раствор из дрены сливается. Способ экологически опасен.

При *механическом способе* используется несколько вариантов работ. При необходимости вскрытия дрены, что выполняется при местных повреждениях, дренаж вскрывается с недобором (рисунок 1, а), с прокладкой траншеи рядом с дренажной (рисунок 1, б) или с прокладкой траншеи специальным ковшом (рисунок 1, в).

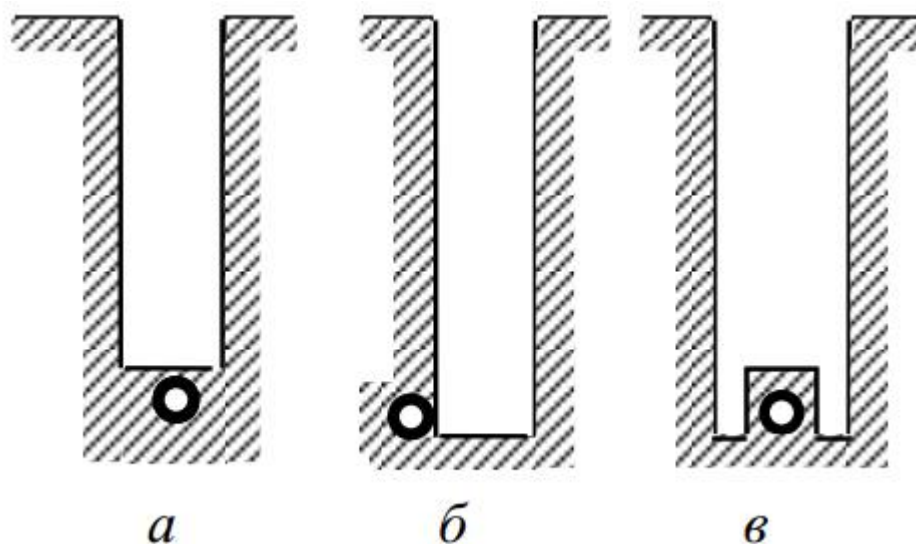


Рисунок 1 – Схемы вскрытия дрены:
 а – с недобором; б – рядом с дренаем; в – специальным ковшом

По первым двум вариантам могут использоваться многоковшовые и однокоршовые экскаваторы, а по третьему – применяется однокоршовый со специальным ковшом с удлиненными крайними зубьями. Трубки из траншеи выкапываются вручную, прочищаются, повреждение устраняется.

По другой технологии при зарастании или сильном заилиении дрена вскрывается через каждые 25...30 м, затем из нее извлекают 2 или 3 трубки и по дрене против стока воды проталкивают проволоку или трос со спиралью на конце и с проволочным ершом. Для сокращения объемов работ используется способ с применением гибкого вала, состоящего из быстросоединяемых отрезков троса диаметром 8...32 мм и длиной 10...30 м. Рабочим инструментом является специальный проволочный спиральный рыхлитель, закрепленный на рабочем конце гибкого вала. Рыхлитель вводится в дрена, трос приводится во вращение вручную или посредством двигателя, устанавливаемого у устья дрены. Вращающийся рыхлитель ввинчивается в дрена и рыхлит отложения. По мере необходимости трос удлиняется. При наличии воды в дрене рыхлые наносы выносятся водой, и способ можно классифицировать как *гидромеханический*.

Существуют специальные приспособления и установки для механической очистки дрена. Процесс очистки состоит во введении в очищаемую трубу или дрена приводимого во вращение гибкого вала (троса) на конце которого закреплена специальная механическая насадка (рисунок 2

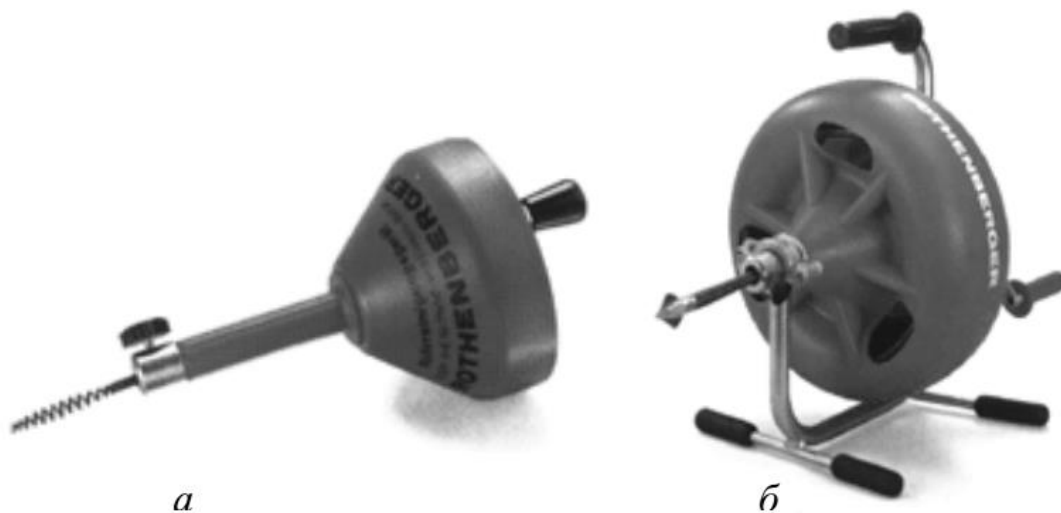


Рисунок 2 – Приспособления для ручной механической прочистки труб длиной:
а – до 10 м; б – до 15 м

Приспособление по первому варианту исполнения (рисунок 2, а) имеет внутри пластмассового корпуса гибкий вал длиной 10 м, к выходному концу которого крепятся рыхлящие насадки, предназначенные для извлечения посторонних закупоривающих трубу предметов. Приспособление приводится в действие, как правило, вручную.

Ручное механическое устройство (рисунок 2, б) предназначено для чистки труб диаметром от 40 до 100 мм длиной до 15 м посредством гибкого вала диаметром 16 мм с соединительной муфтой, благодаря которой используются разнообразные насадки. Также существуют подобные конструкции, но с электроприводом.

Для прочистки труб диаметром от 50 до 250 мм предназначены передвижные машины, представленные на рисунке 3.

Первая из них (рисунок 3, а) имеет реверсируемый привод от электродвигателя мощностью 1,4 кВт и предназначена для чистки труб длиной до 80 м.

На рисунке 3, б представлена усовершенствованная, по сравнению с первой, машина, имеющая двигатель мощностью 1,4 кВт и предназначенная для чистки труб длиной до 100 м.

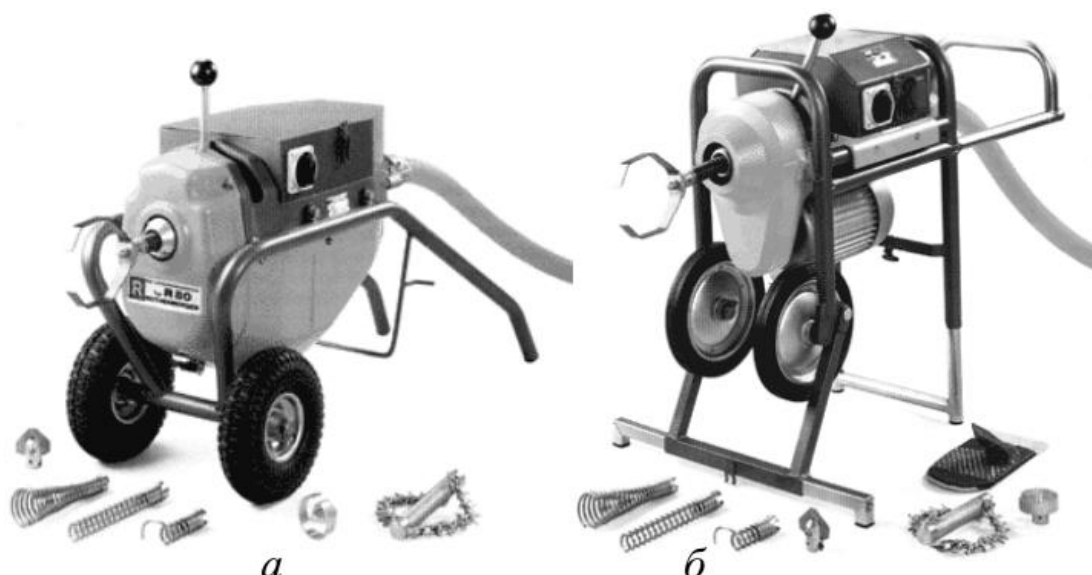


Рисунок 3 – Установки с электроприводом со сменными насадками для механической прочистки труб длиной:
а – до 80 м; б – до 100 м

Существует большое разнообразие насадок к этим машинам в зависимости от причин неисправности дрен. На рисунке 4 показаны насадки в виде спиралей, используемые для прочистки труб.

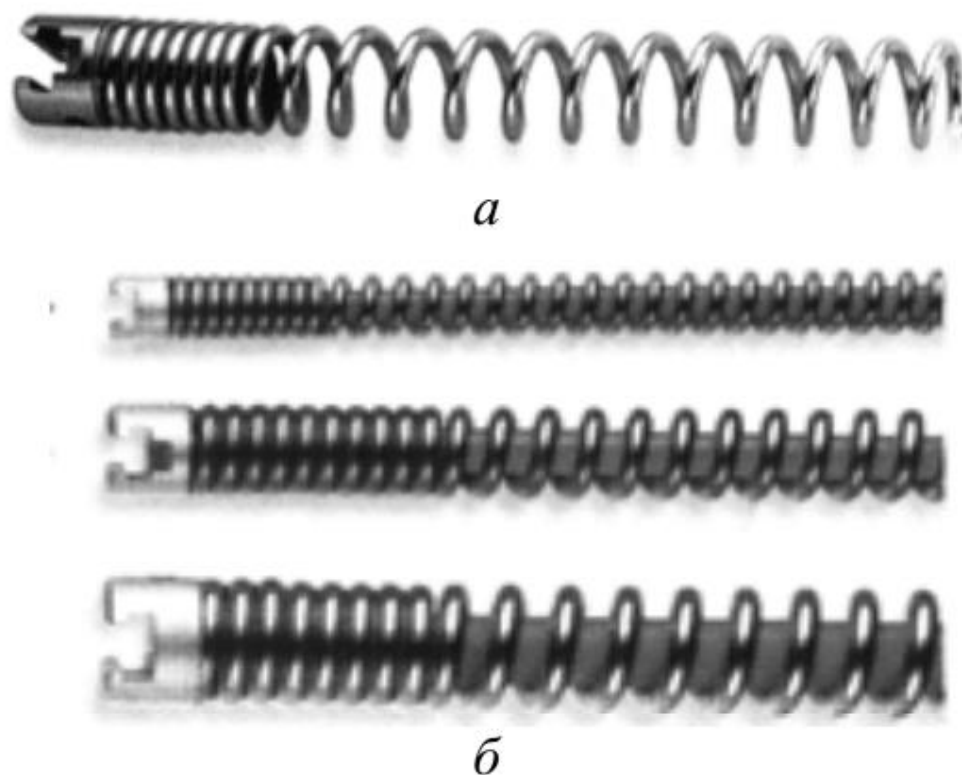


Рисунок 4 – Спиральные стандартные насадки для механической прочистки труб:
а – без стержня; б – с пластмассовым стержнем

Стандартные спирали (рисунок 4, а) часто навиваются из углеродистой проволоки и обычно имеют диаметр 8 или 16 мм. Применяются для устранения непрочных закупорок в относительно коротких, в том числе изогнутых, трубах.

Стандартные спирали с пластмассовым сердечником (рисунок 4, б) обладают более высокой прочностью и устойчивостью к кручению по сравнению со стандартными спиралями без сердечников.

Одной из причин потери пропускной способности дрен является их забивание прорастающими внутрь корнями растений. Насадки для их удаления называются резчиками корней (рисунок 5).

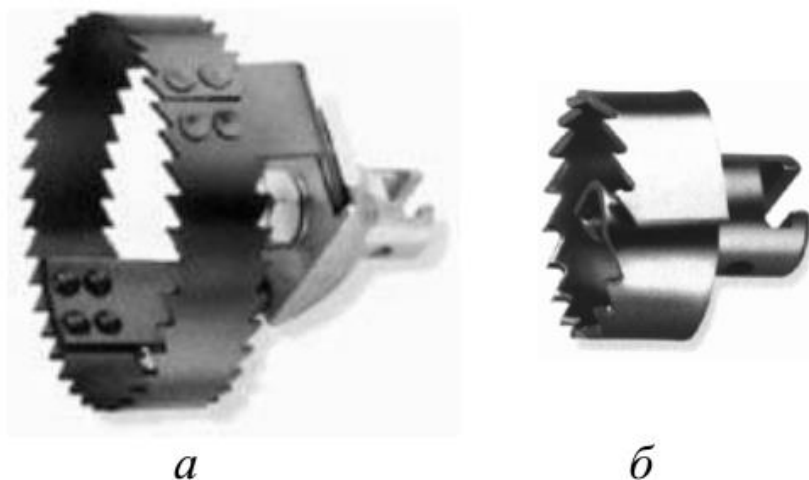


Рисунок 4 – Насадки для резки корней:
а – двухходовый резчик корней; б – зубчатый спиральный нож

Двухходовый резчик корней (рисунок 4, а) крепится к гибкому валу и в полости трубы вращается и проталкивается вперед. Зубья насадки при этом перерезают корни. Причем резка корней может осуществляться при перемещении данной насадки в обоих направлениях.

Зубчатый спиральный нож (рисунок 4, б) – это спиральная рабочая насадка для измельчения засоров из корней и прочих волокнистых материалов. Применяется для труб диаметром 50...100 мм.

Гидравлический способ реализуется по различным вариантам. По одному из них в устье дрены или коллектора нагнетается вода под давлением 0,1...0,2 МПа, которое затем резко сбрасывается. Вытекающая после этого из дрены вода смывает и удаляет наносы. Для повышения интенсивности очистки в дрене может дополнительно после сбрасывания давления создаваться вакуум. Толчки давления в дрене частично восстанавливают пропускную способность фильтрующего материала.

Промывка дрен может производиться путем подачи воды в дренаж от ее истока. Зачастую для этого используются колодцы дренажной системы. Расход воды, подаваемой в дренаж, должен быть таким, чтобы скорость течения воды в дренаже была не менее 2 м/с.

2. Машины для промывания и ремонта дрен

Сущность работы дренажно-промывочных машин состоит в том, что в дренаж вводится шланг с головкой, имеющей отверстия, из которых истекает вода, подаваемая по шлангу. Вода размывает и выносит отложения и за счет реактивных сил, создаваемых вытекающими через отверстия струями, протягивает по дренажу головку вместе со шлангом.

Наиболее распространенная конструкция шланга с головкой показана на рисунке 5. Головка 1 навинчивается на штуцер 2. Соединение уплотняется прокладкой 6. Шланг 3 к водяному насосу подсоединяется посредством штуцера 5. Необходимая прочность соединения шланга со штуцером обеспечивается кольцом 4.

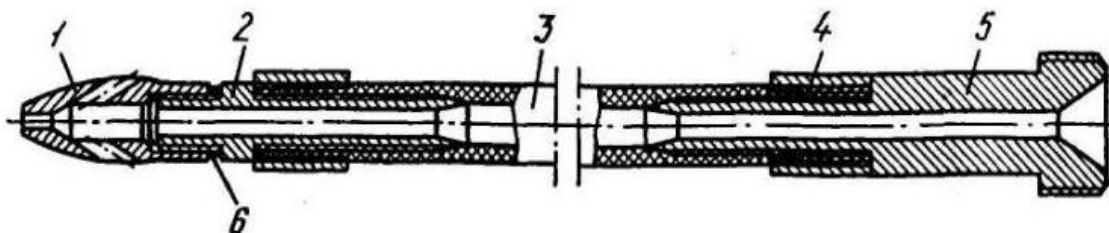


Рисунок 5 – Конструкция шланга с головкой

Существует множество разнообразных конструкций головок. На рисунке 6 представлена головка с боковыми, наклоненными вперед, отверстиями. Она состоит из корпуса 2, соединяемого резьбовой частью со штуцером напорного шланга, и передней части 1 с боковыми и передним отверстиями.

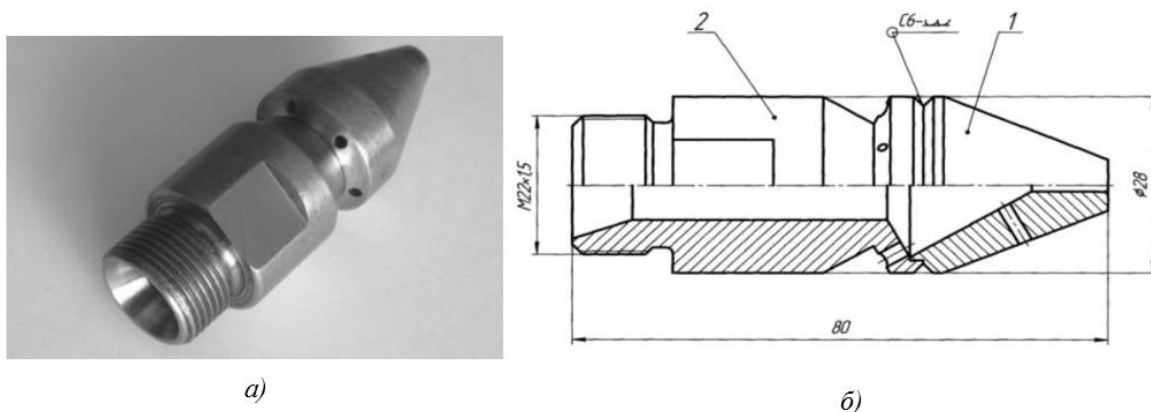


Рисунок 6 – Реактивная головка:
а – общий вид; б – конструктивная схема

На рисунке 7 показана схема гидромеханической головки, совмещающей механическое рыхление наносов с гидравлическим удалением их из дрена. Вода поступает в корпус 1 и действует на турбинку 2 валиком 3, соединенную с тангенциальными соплами 5 и ершом 4. Движение воды заставляет вращаться турбинку, а вместе с ней тангенциальные сопла и ерш, разрушающий отложения в дрена. Вода, истекающая из тангенциальных сопел, увеличивает силу воздействия ерша на наносы и выносит наносы из зоны разрушения. Истекающая из боковых сопел 5 вода продвигает головку вдоль дрена.

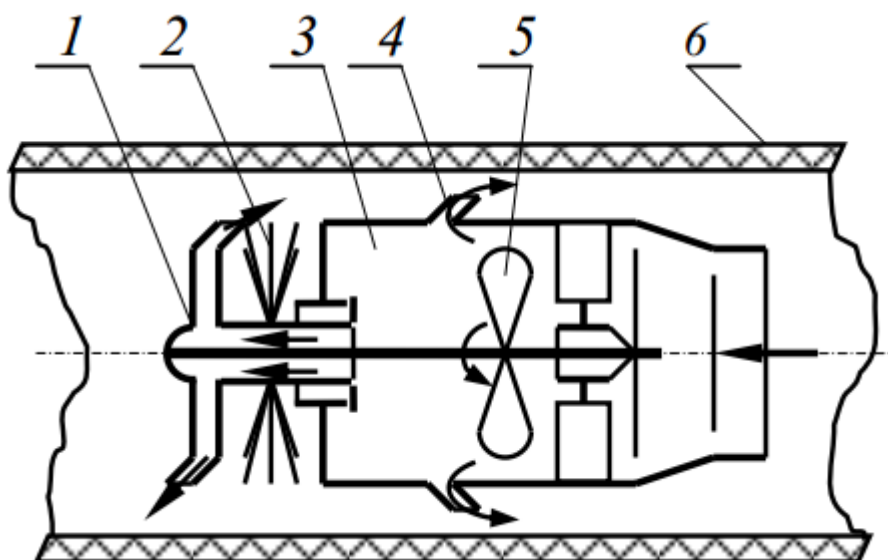


Рисунок 6 – Конструктивная схема гидромеханической головки

Оборудование дренапромывочных машин базируется на колесных или гусеничных тракторах, иногда на грузовых автомобилях. Вариантом дренапромывочного оборудования на базе гусеничных тракторов является комплекс, изображенный на рисунке 7. В состав комплекса входит трактор с полуприцепным дренапромывочным оборудованием, основными частями которого являются трехплунжерный насос, редуктор привода барабана с водопроводящим рукавом и наматываемыми на барабан двумя дренапромывочными шлангами с реактивными головками. Оборудование приводится в действие от вала отбора мощности трактора и установлено на одноосной тележке. Кроме того, комплект включает в себя трактор с прицепленными к нему двумя цистернами, в которых доставляется запас воды, необходимый для работы комплекса при недостатке ее в мелиоративной сети. Для снижения расхода воды за счет обеспечения ее очистки и повторного использования на цистерне установлен осветлитель. Забор пульпы, вынесенной из дрена, и подача пульпы в осветлитель производится насосом.

Перед началом работы вблизи устья промываемой дрена устанавливается ограждение 2, ограничивающее объем, из которого насосом 1 забирается пульпа, образующаяся при промывке дрена. Пульпа подается в осветлитель и резервную цистерну (на схеме не показано). Из резервной цистерны вода по

шлангу подается в цистерну 4, из которой забирается насосом 5 и подается в барабан 3 со шлангами и далее в промывочную реактивную головку, предварительно заправленную в промываемую дрена.

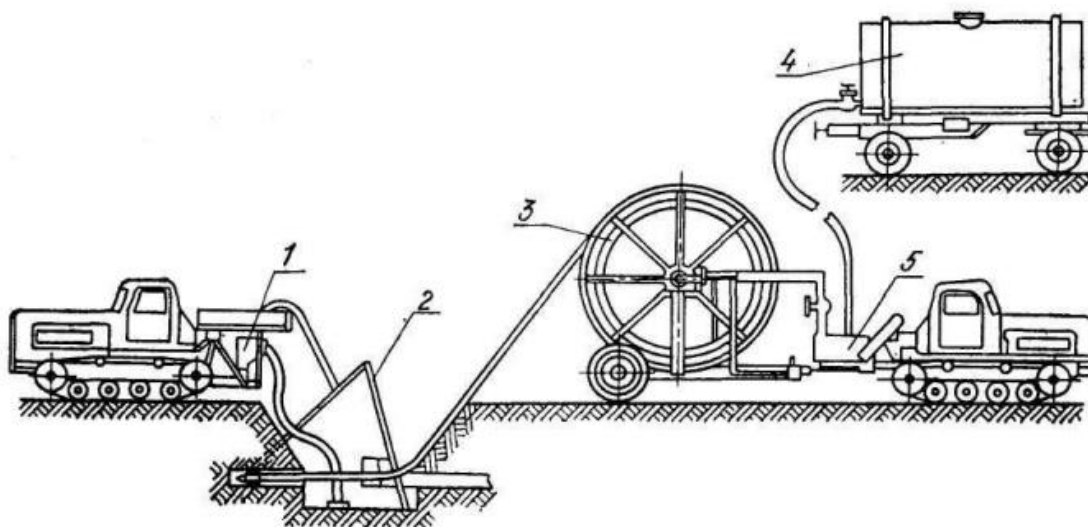


Рисунок 7 – Технологическая схема дренапромывочного оборудования для зоны орошения

Вариант исполнения дренапромывочного оборудования на базе колесного трактора изображен на рисунке 8. Основное назначение машины – промывание дренажных систем, в каналах которых имеется достаточно воды. При промывании базовый трактор 6 ориентируется вдоль канала. Рабочее оборудование опускается на землю и опирается при работе на стойку 14. Водозаборный шланг с поплавками 8 и водозаборником 9 с фильтром опускается в канал с водой, а промывной нагнетательный шланг с реактивной головкой 11 заправляется в дрена. Нагнетательный шланг разматывается с барабана 8 и проходит внутри телескопической штанги 3. Длина штанги может изменяться при помощи гидроцилиндра 4, а ее положение – гидроцилиндра 7. В блоке 5 смонтирован четырехроликовый механизм принудительного перемещения шланга. Механизм приводится в действие от гидромотора. Для обеспечения задания нужного положения и направления шланга телескопическая штанга снабжена дугообразными направляющими 1 с роликами. Продвижение реактивной головки по дрене происходит благодаря реактивным силам струй, вытекающих из головки, но главным образом – за счет усилия, создаваемого роликовым механизмом, приводимым в действие гидромотором, подключенным к гидросистеме трактора. Забор воды из канала и нагнетание ее в дрена производится насосом 13, соединенным с валом отбора мощности. Часть воды от насоса поступает в душевую насадку 2, предназначенную для смыва загрязнений с нагнетательного шланга. Габарит машины по ширине указывается знаками 12.

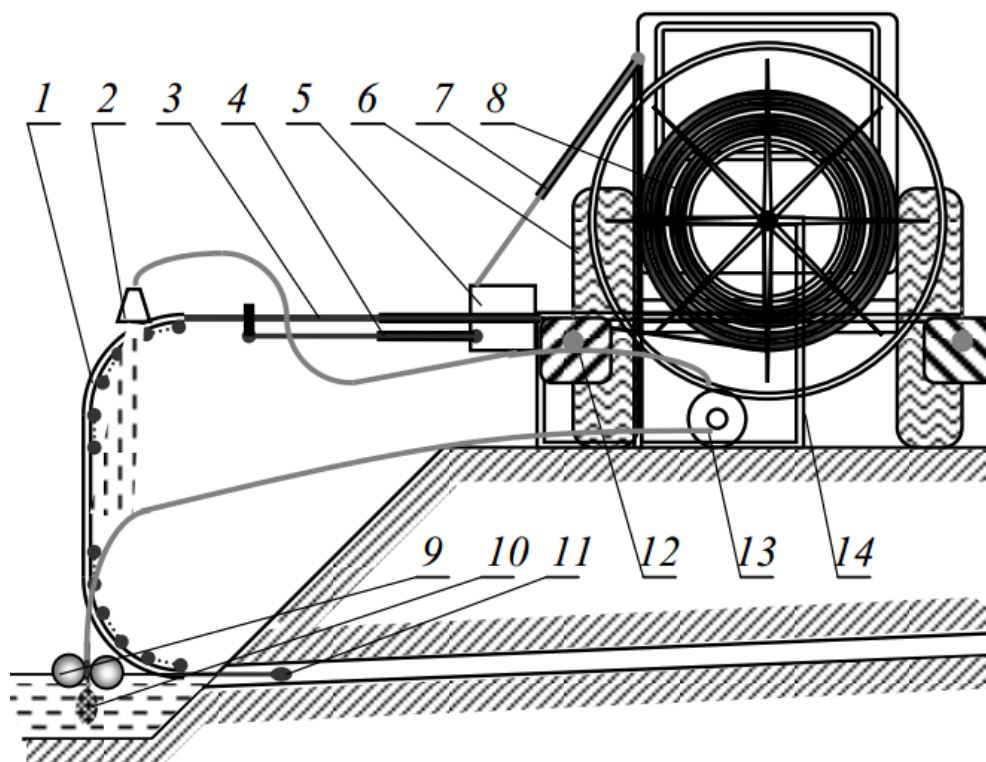


Рисунок 8 – Навесное дренопромывочное оборудование на базе колесного трактора

Тема 4.4 Машины для выполнения эксплуатационно-ремонтных работ способом гидромеханизации

1. Виды работ, машины и оборудование для их выполнения.
2. Земснаряды: классификация, принцип действия и схемы работы.
3. Устройство и принцип действия грунтозаборных органов.

1. Виды работ, машины и оборудование для их выполнения

Гидромеханизация – способ производства большого объема земляных работ, при котором для разработки, транспортирования и укладки грунта при выполнении эксплуатационно-ремонтных работ используется энергия потока воды.

При эксплуатации, реконструкции и ремонте мелиоративных объектов способом гидромеханизации выполняются работы по удалению наносов из дрен, облицованных каналов, смотровых колодцев, аванкамер. Осуществляется очистка и углубление крупных каналов, рек-водоприемников, фарватеров, мест водозабора передвижных насосных станций, естественных и искусственных водоемов.

Для выполнения вышеперечисленных задач зачастую целесообразно использовать землесосные снаряды (земснаряды) или иначе – земснарядов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Многофункциональный земснаряд

2. Земснаряды: классификация, принцип действия и схемы работы

Земснаряд – это плавучая машина, предназначенная для извлечения грунта из-под воды и транспортирования его в виде пульпы, т.е. смеси грунта с водой, к месту укладки.

Земснаряды, кроме использования в мелиорации (например, для очистки от наносов мелиоративных каналов), также применяются при строительстве плотин, дамб, котлованов, водоемов, при добыче песка, гравия, сапропелей и пр.

Земснаряды классифицируются по следующим признакам:

- *По производительности:*

- 1) особо малой (до 50 м³/ч);
- 2) малой (50...200 м³/ч);
- 3) средней (200...500 м³/ч);
- 4) крупной (500...1000 м³/ч);
- 5) особо крупной (более 1000 м³/ч).

- *По способу отделения грунта от массива:*

- 1) гидравлическое;
- 2) механическое;
- 3) гидромеханическое;
- 4) вибрационное.

- *По типу грунтозаборного устройства* – с наконечником круглым, эллипсным или щелевым со свободным всасыванием, с наконечником с эжекторным всасыванием, с одно- или многосошловым гидравлическим разрыхлителем, с фрезерным разрыхлителем, с вибратором, с роторно-ковшовым бункерным и безбункерным, многоковшовым цепным, одноковшовым разрыхлителем, фрезерно-сошловым разрыхлителями и др.

- По способу транспортирования пульпы:
 - 1) по плавучему трубопроводу, размещенному на понтоне;
 - 2) по подвесному трубопроводу;
 - 3) конвейеру;
 - 4) по выбросной трубе.
- По конструкции корпуса:
 - 1) с разборным корпусом;
 - 2) с неразборным корпусом.
- По типу привода основного и вспомогательного оборудования:
 - 1) дизельные;
 - 2) дизель-электрические;
 - 3) электрические.
- По месту размещения основного энергопитающего агрегата:
 - 1) бортовое (трюмное или палубное расположение);
 - 2) береговое (используется с применением береговых электростанций или с подключением к линиям электропередач, подающих ток на бортовой трансформатор).
- По способу рабочего перемещения:
 - 1) с якорным (тросовым) папильонированием;
 - 2) со свайно-тросовым папильонированием;
 - 3) с независимым (хоботовым) перемещением грунтозаборного органа.
- По схеме установки свай:
 - 1) с фиксированной установкой;
 - 2) с установкой свай с возможностью их перемещения в прорези по продольной оси земснаряда;
 - 3) с размещением свай в поворотном барабане (роторе).

Кроме того, существуют *земснаряды-амфибии*, имеющие, как правило, колесное ходовое оборудование и способные перемещаться по суше и по воде.

При выполнении ремонтно-эксплуатационных работ наибольшее применение находят дизельные земснаряды с неразборным корпусом и трюмным размещением энергопитающего агрегата.

Конструктивная схема земснаряда показана на рисунке 2, а.

Его несущей частью является корпус 6. В носовой части корпуса установлены с возможностью поворота вокруг горизонтальных осей стойка 3 и рама 2 с рабочим органом, состоящим из фрезы 1, ее привода 13 и всасывающего трубопровода 2, который посредством гибкой вставки 14 соединен с насосом 7, приводимым в действие дизельным или электрическим двигателем 8. К напорному патрубку грунтового насоса присоединен пульпопровод 10, укладываемый на понтоны при его расположении на воде.

В кормовой части корпуса размещены две сваи 9, управляемые лебедочным механизмом 15. Для подъема и опускания рабочего органа в носовой части установлены стойка 3 и лебедка 4, а для управления канатами 12, обеспечивающими рабочее перемещение (папильонаж) земснаряда, на палубе установлены лебедки 11.

В зависимости от глубины разработки лебедкой 4 устанавливают требуемое положение рамы 2 и включают привод фрезы и грунтовой насос. Фреза рыхлит грунт, который вместе с водой в виде пульпы засасывается во всасывающий трубопровод насосом, подается им в пульпопровод и транспортируется по нему к месту укладки. При дальности транспортирования до 30 м вместо пульпопровода может быть установлена выбросная труба, из которой пульпа выбрасывается в виде струи.

Внедрение фрезы в грунт обеспечивается благодаря повороту земснаряда вокруг одной из внедренных в дно свай А или Б (рисунок 2, б). Поворотное движение осуществляется согласованным выбиранием и стравливанием (отпусканьем) канатов 12 лебедками 11. Канаты должны быть предварительно оттянуты в стороны и заякорены на дне водоема или, если позволяет обстановка и длина канатов, зафиксированы на берегу. После поворота земснаряда на требуемый угол в дно внедряется свая А, а свая Б лебедочным механизмом поднимается, и посредством канатов 12 земснаряд поворачивается вокруг сваи А в противоположную сторону, заставляя фрезу снимать следующую полосу грунта. Затем сваи снова меняются местами, и земснаряд снова поворачивают в обратном направлении. Так процесс циклично повторяется до окончания зоны выработки или до необходимости переноса якорей канатов или перемещения отводных блоков. Такая схема рабочего перемещения называется свайно-тросовым папильонированием для земснаряда с фиксированной установкой свай.

Для водного транспортного перемещения при смене зоны работы, т.е. при перемещении на значительное расстояние, используются буксиры. Некоторые легкие земснаряды при смене позиций перемещаются за счет реактивного действия струи, выбрасываемой грунтовым насосом.

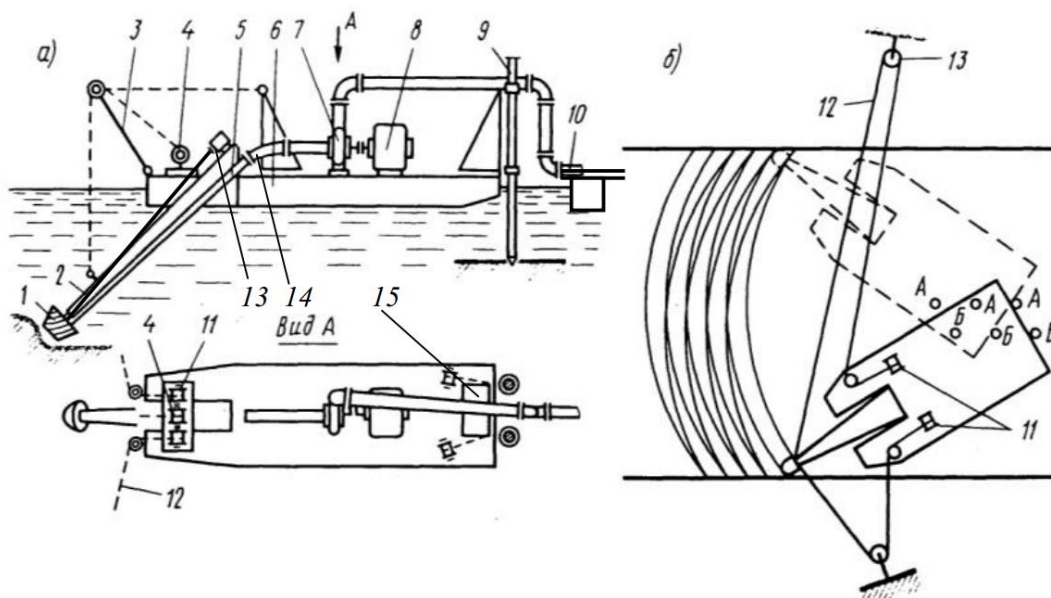


Рисунок 2 – Земснаряд:

а – конструктивная схема; б – схема свайно-тросового папильонирования

3. Устройство и принцип действия грунтозаборных органов

Тип применяющегося на земснаряде грунтозаборного органа зависит, главным образом, от свойств разрабатываемых грунтов. Ниже приведены конструкции наиболее простых и распространенных грунтозаборных органов для земснарядов.

Для извлечения легко разрабатываемых грунтов (песок, несвязная супесь, неслежавшийся ил и т.д.) применяются *наконечники для свободного всасывания грунта*, которые по форме могут быть *в виде конуса* (рисунок 3, а) с защитной решеткой на входе, применяемые при всасывании грунта из цилиндрических углублений и при разработке грунта способом отдельных воронок; *эллиптическими* (рисунок 3, б), используемыми для траншейного способа, и *щелевыми* (рисунок 3, в) – при боковых или веерных рабочих перемещениях земснаряда.

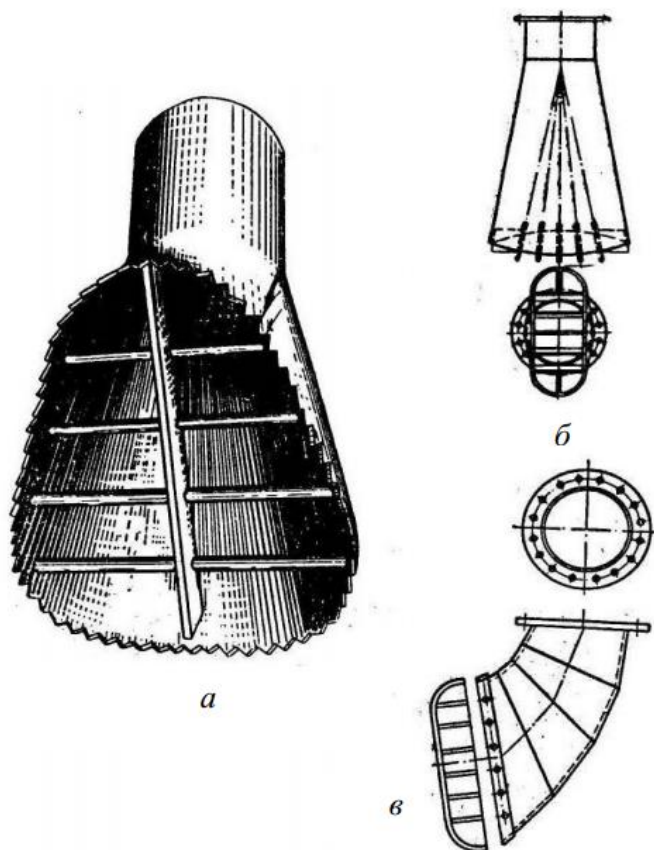


Рисунок 3 – Наконечники для свободного всасывания грунта:
а – конусный; б – эллиптический; в – щелевой

Для разработки грунта на больших глубинах, как правило, свыше 10...11 м применяются *грунтозаборные органы с инжекторами*, т.е. с устройствами, обеспечивающими существенное повышение разрежения в зоне всасывания за счет внешней подачи воды через сужающиеся сопла (инжекторы) (рисунок 4).

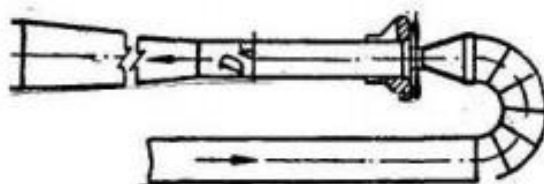


Рисунок 4 – Наконечник с инжектором для свободного всасывания грунта с центральной подачей воды

Для более интенсивного размывания грунта и повышения консистенции пульпы применяются *односопловые (мониторные) и многосопловые гидравлические разрыхлители* (рисунок 5).

Суть работы грунтозаборного органа с односопловым разрыхлителем (рисунок 5, а) заключается в том, что рядом с основной всасывающей трубой 1 смонтирован дополнительный трубопровод 2 меньшего диаметра, оканчивающийся соплом 3, направленным в зону всасывания грунта. В процессе работы по этому трубопроводу под давлением подается вода, с большой скоростью истекающая из насадка и ускоряющая процесс разрушения разрабатываемого грунта.

Более совершенными являются многосопловые разрыхлители с соплами, установленными на трубчатом кольце (рисунок 5, б). Вода на размывание от насоса подается по трубопроводу 3 в трубчатое кольцо 2 с соплами 1. Сопла установлены таким образом, что разрушаемый истекающими из них струями грунт направляется к центру, откуда отсасывается через всасывающий трубопровод 5. Для улучшения приспособляемости к рельефу дна разрыхлитель с всасывающим трубопроводом соединен посредством шарового шарнира 4.

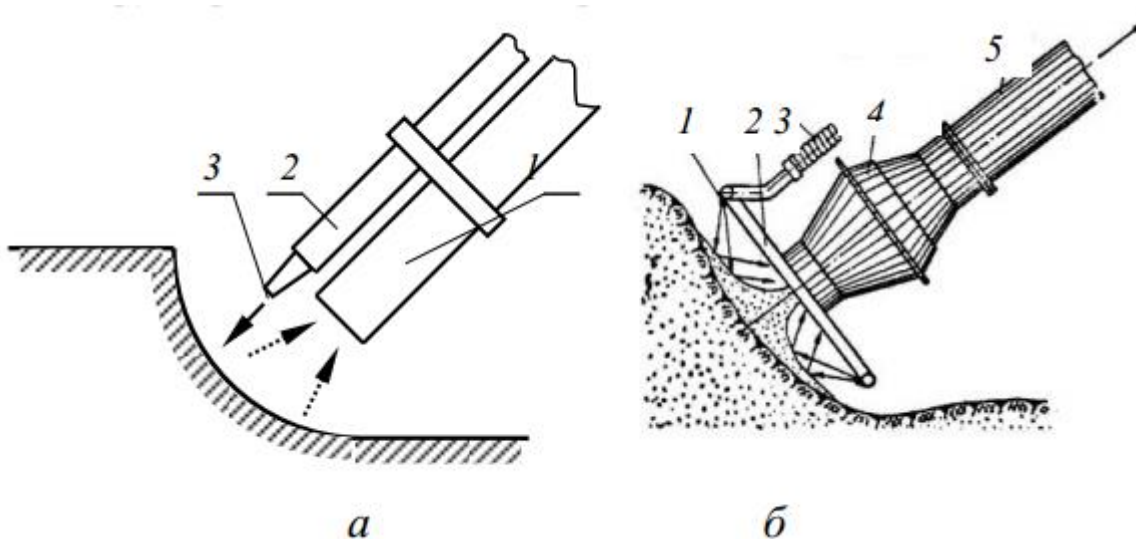


Рисунок 5 – Наконечники с гидравлическими разрыхлителями: а – односопловой; б – многосопловой

Разработка тяжелых и слежавшихся грунтов требует их активного рыхления. Наиболее распространенным является механическое рыхление с применением разных механических приспособлений – фрез, роторов, ковшей, скребков и т.п. На рисунке 6 показаны *фрезы* наиболее типичных конструкций.

Фреза открытая с плоскими ножами (рисунок 6, а) и закрытая с ножами двойной кривизны (рисунок 6, б) предназначены для разработки суглинков легких и тяжелых, а также плотных гравийно-песчаных грунтов. Режущая кромка может быть гладкой, волнообразной и с зубьями или зазубринами. Для таких же условий работы применяется полуоткрытая фреза с ножами волнообразной формы (рисунок 6, в), которая более сложна в изготовлении, но более эффективна при резании грунта. Налипающие грунты (суглинки, глины, слежавшийся ил) разрабатываются с применением фрезы с отвально-режущими лопастями – ложковыми или плужными (рисунок 6, г).

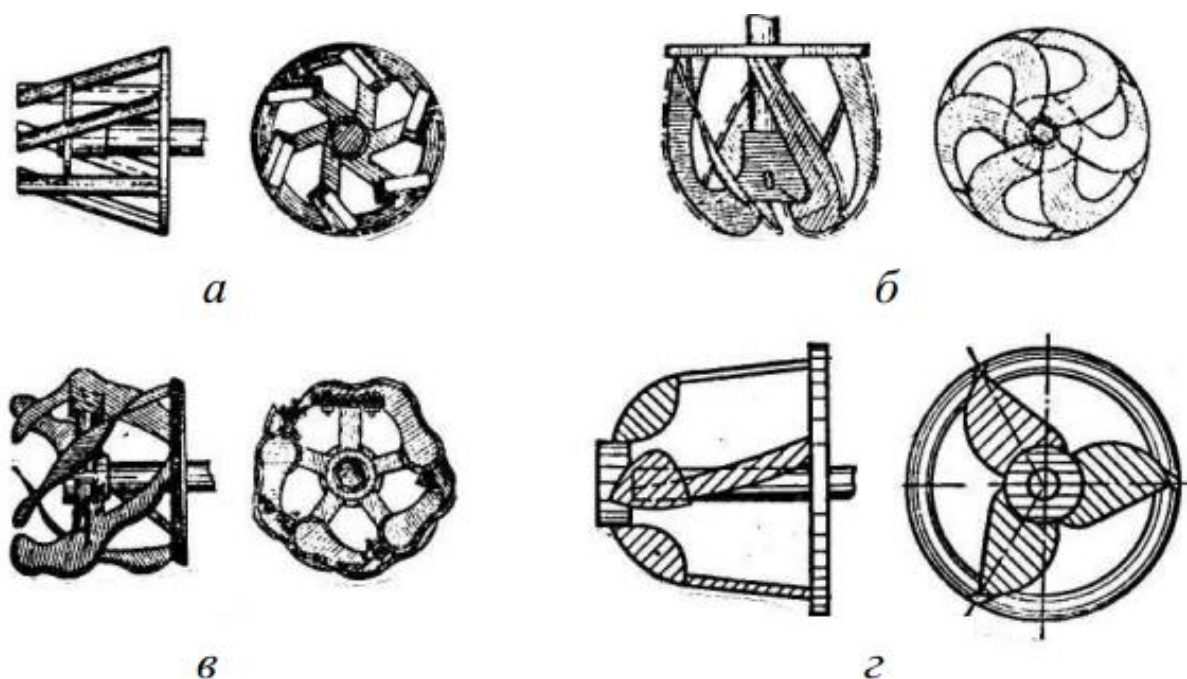


Рисунок 6 – Фрезы наиболее типичных конструкций:

- а – открытая с плоскими ножами; б – закрытая с ножами двойной кривизны;
- в – полуоткрытая с ножами волнообразной формы; г – с отвально-режущими лопастями

При производстве мелиоративных и, в особенности, ремонтно-эксплуатационных работ приходится разрабатывать торфяники и другие грунты, засоренные корнями растений, пнями и т.п. В этих условиях достаточно эффективным является применение *винтовой фрезы* (рисунок 7), состоящей из вала 1 с установленными на нем по винтовой линии лопатками 2 с острыми режущими кромками. Разрыхленный грунт вместе с водой засасывается в отверстие 3.

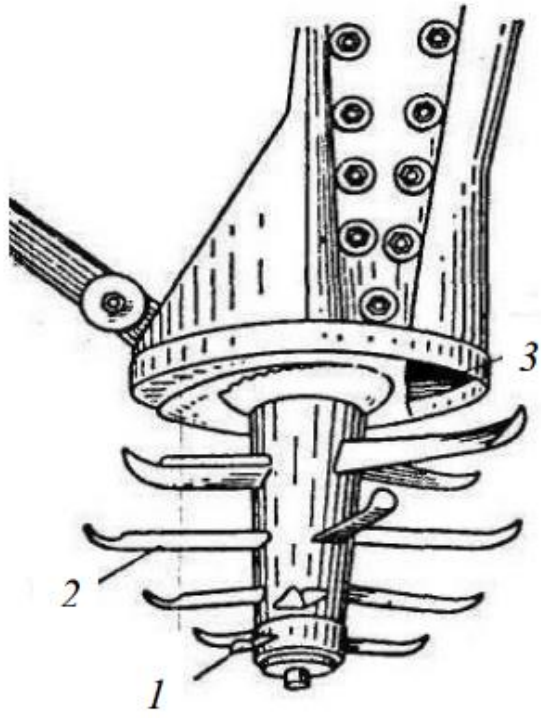


Рисунок 7 – Разрыхлитель с винтовой фрезой

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Методические указания к выполнению лабораторных работ

2.1.1 Изучение устройства щековых дробилок и определение их технико-эксплуатационных показателей [1, с. 149-155]

Задание

1. Изучить конструкцию и принцип работы щековых дробилок.
2. Вычертить принципиальную конструктивную схему щековой дробилки.
3. Описать общее устройство и принцип работы щековой дробилки.
4. Установить заданную ширину выходной щели.
5. Определить техническую производительность дробилки.

Таблица 1

Варианты заданий

Показатели	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
Марка дробилки	СМД-39	СМД-31	СМД-108	СМД-58Б	СМД-109	СМД-110	СМД-13Б
Степень дробления	8	5	6	4	5	6	6
Угол захвата, град	23	20	21	21	22	23	23
Коэффициент разрыхления	0,5	0,35	0,4	0,4	0,45	0,5	0,5

Назначение, общее устройство в принцип работы щековых дробилок

Щековые дробилки применяют для измельчения горных пород средней и большой твердости и получения щебня требуемого размера и количества. Различают щековые дробилки с простым (рис. 1, а) и сложным (рис. 1, б) движением подвижной щеки.

У дробилок с простым движением подвижной щеки основанием машины является станина, воспринимающая действующие при дроблении нагрузки. На станине установлена неподвижная щека (рис. 1, а); подвижная щека 14 вращается на оси 2, расположенной на станине. На обеих щеках укреплены ребристые дробящие плиты 15 и 17, вместе с боковыми клиньями 16 образующее камеру дробления.

Вращающий момент от двигателя передается клиноременной передачей эксцентриковому валу 4, на концах которого установлены маховики 3, один из которых является ведомым шкивом клиноременной передачи. На валу 4 закреплен шатун 5, совершающий возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости, к нижней части которого шарнирно примыкают концы

распорных плит 12 и 13: противоположный конец распорной плиты 13 примыкает к подвижной щеке 14, а плиты 12 – к переднему клину 7 регулировочного устройства, включающего также задний клин 8 и винт 6. К нижней части подвижной щеки 14 прикреплена тяга 11 оттяжного устройства, на противоположном конце которой закреплена в сжатом состоянии пружина 10.

Дробилка работает следующим образом. При движении шатуна 5 вверх поднимаются примыкающие к нему концы распорных плит 12 и 13, а подвижная щека 14, совершающая простое качательное движение вокруг оси 2, приближается к неподвижной щеке 1. При этом совершается рабочий ход и загруженный материал дробится. Дробящие плиты 15 и 17, боковые клинья 16 непосредственно воздействуют на дробимый камень, предохраняя от износа щеки и боковые стенки дробилки. Детали 15, 16, 17 являются съемными и по мере износа заменяются. Когда шатун 5 движется вниз, концы распорных плит 12 и 13, соединенные с ним, опускаются, и подвижная щека 14 под действием собственного веса и тяги 11 оттяжного устройства с пружиной 10 отходит от неподвижной дробящей щеки 1. При этом совершается холостой ход, и раздробленный камень опускается вниз и выпадает через выходную щель. Пружина 10 оттяжного устройства, обеспечивая возврат щеки, также удерживает распорные плиты 12 и 13 от выпадения. Маховики 3 обеспечивают равномерный ход дробилки и более равномерную нагрузку двигателя, запасая избыточную энергию двигателя при холостом ходе и отдавая ее при рабочем ходе.

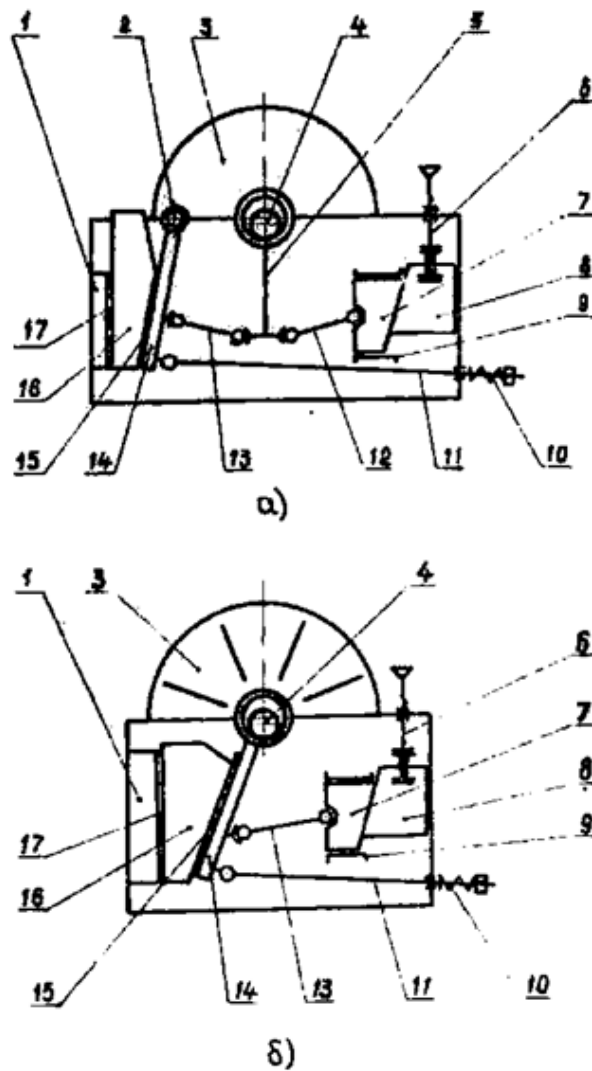


Рисунок 1 – Щековые дробилки:
 а) с простым; б) со сложным движением подвижной щеки

Требуемая степень дробления камня $i = D/d$, т.е. отношение наибольших размеров камня до (D) и после дробления (d), достигается регулированием размера выходной щели (параметр e рис. 2) путем подъема или спуска клина 7 в вертикальных направляющих по клину 8 винтом 6; передний клин 7 при этом будет передвигаться в горизонтальных направляющих 9. Регулирование размера выходной щели производят также заменой распорных плит различной длины или установкой регулировочных прокладок.

В дробилке со сложным движением подвижной щеки (рис. 1, б) отсутствует шатун. Подвижная щека 14 в верхней части имеет подшипник, который охватывает эксцентрик вала 4. Нижняя часть подвижной щеки упирается в распорную плиту, соединенную с передним клином регулировочного устройства. Вследствие такого устройства при вращении вала подвижная щека не только приближается к неподвижной, но и одновременно движется вниз и вверх, т.е. совершает сложное движение, и дробление камня происходит в результате как раздавливания, так и истирания.

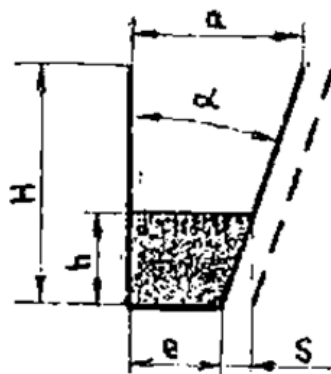


Рисунок 2 – Рабочая камера щековой дробилки

Таблица 2

Показатель	СМД-39	СМД-13Б	СМД-58Б	СМД-31	СМД-108	СМД-109	СМД-110
Характер движения щеки: с простым движением (П) со сложным движением (С)	П	П	П	С	С	С	С
Размер загрузочного отверстия, мм ширина, a длина b	400 600	600 900	900 1200	250 400	250 900	400 900	600 900
Ширина выходной щели, мм	10–100	15–200	130	20–80	20–60	40–90	75–140
Производительность дробилки пород средней твердости, м ³ /ч	10–25	45–110	35–14	18	30	62	7–16,9

Определение технико-эксплуатационных показателей работы щековых дробилок

Наибольший размер загружаемого в дробилку камня (D) принимают:

$$D = (0,8...0,85)a, \text{ м,}$$

где a – ширина загрузочного отверстия, м.

Наибольший размер наибольшего куска дробленого камня (d) определяется

$$d = \frac{D}{i}, \text{ м,}$$

где i – требуемая степень дробления камня.

Максимальный отход подвижной щеки (S) для дробилок:
с простым движением подвижной щеки

$$S = 0,008 + 0,26d, \text{ м};$$

со сложным движением

$$S = 0,007 + 0,1d, \text{ м}$$

Минимальный зазор между дробящими плитами (ширина разгрузочного отверстия)

$$e = d - S, \text{ м}.$$

Объем призмы материала, выпадающего из дробилки за один отход подвижной щеки (V), (рис. 2):

$$V = \frac{2e + S}{2} hb, \text{ м}^3,$$

при $h = \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha}$; $V = \frac{2e + S}{2} \times \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha} b, \text{ м}^3,$

где h – высота призмы материала, выпадающего из дробилки за один отход подвижной щеки, м;

b – длина загрузочного отверстия, м;

α – угол захвата (угол между дробящими плитами), град.

Число полных качаний подвижной щеки дробилок определяется из условия, чтобы призма раздробленного камня успела высыпаться через выходную щель за время обратного хода подвижной щеки.

Частота вращения эксцентрикового вала (n)

$$n = 66,5 \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \alpha}{S}}, \text{ мин}^{-1}.$$

Производительность щековой дробилки

$$\Pi = 60Vn\mu, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где μ – коэффициент разрыхления дробимого материала.

2.1.2 Изучение устройства вибрационных грохотов и определение их основных параметров [1, с. 155-161]

Задание

1. Изучить устройство и рабочий процесс вибрационных грохотов.
2. Вычертить схему вибрационного грохота и вибратора направленных колебаний.
3. Описать устройство и рабочий процесс грохота в соответствии с приведенной схемой.
4. Выбрать размеры отверстий верхнего и нижнего яруса сит грохота для получения заданной фракции сортируемого материала.
5. Определить производительность верхнего сита и мощность электродвигателя вибрационного грохота.

Таблица 3

Варианты заданий

Показатели	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
Марка грохота	СМД-50	СМД-51	СМД-53	СМД-29	СМД-51	СМД-50	СМД-51
Сортируемый материал	гравий	гравий	гравий	гравий	гравий	щебень	щебень
Размеры фракции сортируемого материала, мм	3–10	10–15	10–20	40–50	5–10	5–15	10–20
Содержание в исходном материале зерен нижнего класса G_n , %	30	40	50	70	40	20	30
Содержание в нижнем классе зерен размером меньше половины отверстия сита, %	40	30	20	60	10	70	80
Угол наклона грохота, град	10	11	17	12	0	0	0

Общие сведения об устройстве и работе вибрационного грохота с направленными колебаниями

Грохот (рис. 3) состоит из горизонтальной неподвижной рамы 1 и короба 2, опирающегося на плоские 4 и спиральные 5 пружины. В коробе установлены в два яруса сита 6.

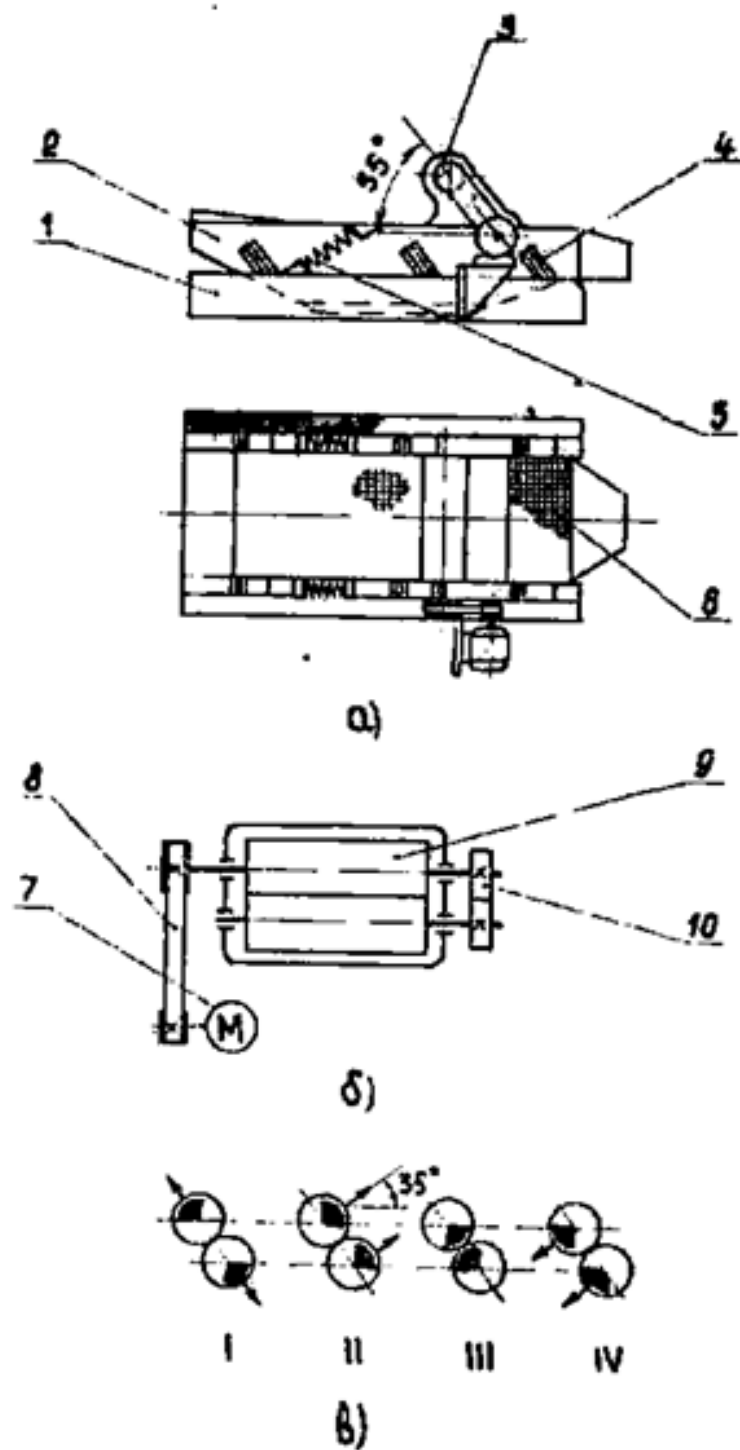


Рисунок 3 – Схема грохота

Плоские пружины позволяют корбу совершать колебания в направлении, перпендикулярном их плоскости, спиральные – уравнивают вес вибрирующего корба.

К стенкам корба прикреплен двухвальный вибратор направленных колебаний 3. Валы вибратора установлены на роликоподшипниках в плоскости, расположенной под углом 55° к горизонту, в результате чего корб получает

направленные колебания под углом 35° к плоскости сита. Первый дебалансный вал 9 (рис. 3) получает вращение от электродвигателя 7 через клиноременную передачу 8. Второй дебалансный вал приводится во вращение от первого через зубчатую передачу 10, чем обеспечивается полная синхронизация работы дебалансных валов (число зубьев обеих шестерен одинаково).

При синхронном разностороннем вращении дебалансных валов центробежные силы инерция в положениях I и III (рис. 3, в) взаимно уравниваются и не передаются на короб, при положении II они складываются и действуют на короб вправо под углом 35° к горизонту, при положении IV они также складываются, но направлены в противоположную сторону (влево).

При направленных колебаниях корпуса грохота материал на ситах подбрасывается и толчками подвигается вперед, просеиваясь при движении.

Таблица 4

Технические характеристики вибрационных грохотов

Показатели	Марка грохота			
	СМД-50	СМД-51	СМД-53	СМД-29
Размеры просеивающих поверхностей, мм ширина длина	1500 3750	1750 4500	1000 2500	1250 3000
Наибольший размер загружаемых кусков, мм	150	150	100	100
Частота вращения вала вибратора, c^{-1}	13,34	13,34	12,3	12,3
Расстояние от центра тяжести дебаланса до оси вращения, м	0,0645	0,0637	0,0695	0,0685
Диаметр цапфы дебалансного вала, м	0,12	0,12	0,12	0,12
Мощность электродвигателя, кВт	10	10	5,5	5,5
Частота вращения вала электродвигателя, c^{-1}	24,4	24,4	24,0	24,0
Масса одного дебаланса, кг	16	16	10	10
Масса грохота, кг	3250	3700	1950	1950

Размер отверстия наклонного сита определяется по формуле

$$D = \frac{d}{\cos \alpha - 0,625 \sin \alpha}, \text{ м};$$

горизонтального сита

$$D = \frac{d}{0,8}, \text{ м,}$$

где D – размер отверстия, м;

d – наибольший размер просеиваемых частиц, м;

α – угол наклона сита, град.

Характеристика сит приведена в табл. 4.

Производительность вибрационного грохота определяется по формуле

$$P = P_{y0} F c k_1 k_2 k_3, \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где P_{y0} – удельная производительность, отнесенная к 1 м² сита, м³/ч, зависит от размера отверстий сита;

F – площадь сита верхнего яруса, м²;

c – коэффициент, учитывающий возможную неравномерность подачи и форму зерен материала, для щебня $c = 0,65$; для гравия $c = 0,8$;

k_1 – коэффициент, учитывающий угол наклона грохота;

k_2 – коэффициент, учитывающий процентное содержание G_n зерен нижнего класса в исходном материале;

k_3 – коэффициент, учитывающий процентное содержание в нижнем классе зерен, размер которых меньше половины размера отверстия сита.

Значения P_{y0}, k_1, k_2, k_3 приведены в табл. 5.

Потребная мощность электродвигателя для привода вибрационного грохота с направленными колебаниями определяется по формуле

$$N = \frac{0,08\pi^3 f m n^3 \gamma d_g}{\eta}, \text{ кВт,}$$

где f – приведенный к валу коэффициент трения для роликоподшипников, $f = 0,01$;

m – масса одного дебаланса, кг;

n – частота вращения дебалансного вала, с⁻¹;

γ – расстояние от центра тяжести дебаланса до оси вращения, м;

d_g – диаметр цапфы дебалансного вала, м;

η – КПД привода грохота, ($\eta = 0,7 \dots 0,8$).

Таблица 5

Значения коэффициентов, учитывающих угол наклона грохота
и зерновой состав исходного материала

Параметры	Значения параметров								
$P_{y\partial}$, м ³ (м ² /ч)	Размеры квадратных сечений сит в свету, мм								
	5	10	14	18	25	35	42	70	100
	12	23	32	40	46	56	64	82	90
k_1	Значения коэффициентов от угла наклона сита, град								
	0	10	11	12	13	14	15	16	17
	1	0,5	0,56	0,61	0,67	0,73	0,8	0,92	1,0
k_2	Содержание в исходном материале зерен нижнего класса, G_n , %								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	0,58	0,66	0,76	0,84	0,92	1,0	1,08	1,17	1,25
k_3	Содержание в нижнем классе зерен размером меньше отверстия сита, %								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	0,63	0,72	0,82	0,91	1,0	1,09	1,18	1,28	1,37

2.1.3 Изучение устройства комплекта автоматических весовых дозаторов циклического действия [1, с. 161-168]

Задание

1. Изучить устройство и принцип действия дозаторов АВДИ-425, АВДЦ-425 и АВДЖ-425.
2. Вычертить:
 - 2.1. схему дозатора АВДИ-425;
 - 2.2. схему циферблатного указателя.
3. Дать краткое описание:
 - 3.1. устройства и работы дозатора АВДИ-425.
 - 3.2. устройства и принципа действия циферблатного указателя.

Комплект автоматических весовых дозаторов АДУБ-425 состоит из дозаторов инертных материалов АВДИ-425, цемента АВДЦ-425 и жидкости АВДЖ-425. Количество дозаторов комплекта зависит от проекта бетонного завода. В табл. 6 приведена краткая техническая характеристика дозаторов.

Таблица 6

Технические характеристики автоматических весовых дозаторов

Наименование параметров	Тип дозатора		
	АВДИ-425	АВДЦ-425	АВДЖ-485
Материал	песок и щебень	цемент	вода и добавки
Минимальная и максимальная дозы материала, кг	30...600	30...150	1...200
Цена деления циферблатного указателя, кг	1,0	0,26	0,2
Погрешность взвешивания, %	± 3	±2	±2
Цикл взвешивания, с	45	45	35
Передаточное число рычажной системы	60	16	20
Давление воздуха, МПа	0,6	0,6	0,6
Масса дозатора, кг	500	630	241

Общие сведения об устройстве и работе дозатора АВДИ-425

Дозатор инертных материалов АВДИ-425 предназначен для последовательного взвешивания двух фракций песка и щебня величиной кусков от 20 до 140 мм (рис. 4).

На раме 21 загрузочных воронок 11 подвешены тяги 7 для крапления опор рычажной системы и циферблатного указателя 13. Рычажная система служит для подвески грузоприемного ковша 1 к тяге циферблатного указателя 13. Грузоприемный ковш 1 подвешен тягами 5 к П-образным рычагам 6, соединенным серьгами с рычагом 12, который прикреплен к рычагу 18. Рычаг 18

тягой 19 связан с рычагом 20, передающим усилие на тягу циферблатного указателя 13. Загрузочный ковш 1 внизу имеет затвор 2, управляемый пневмоцилиндром 4, шток которого соединен рычагами с затвором 2.

В соответствии с общим передаточным числом рычажной системы, равным произведению отношений плеч рычагов, сила тяжести материала в ковше, передаваемая на тягу указателя, уменьшается в 60 раз, что позволяет сократить размеры циферблатного указателя. Собственный вес ковша уравновешен противовесом, установленным на рычаге 18.

На раме загрузочных воронок закреплены электровоздушные клапаны 14, управляющие пневмоцилиндрами 10, и клапан 17, управляющий пневмоцилиндром 4. Сжатый воздух к клапанам подается по пневмопроводу 15. Имеющиеся в клапанах золотники переключаются электромагнитами, управляемыми электрической системой 16.

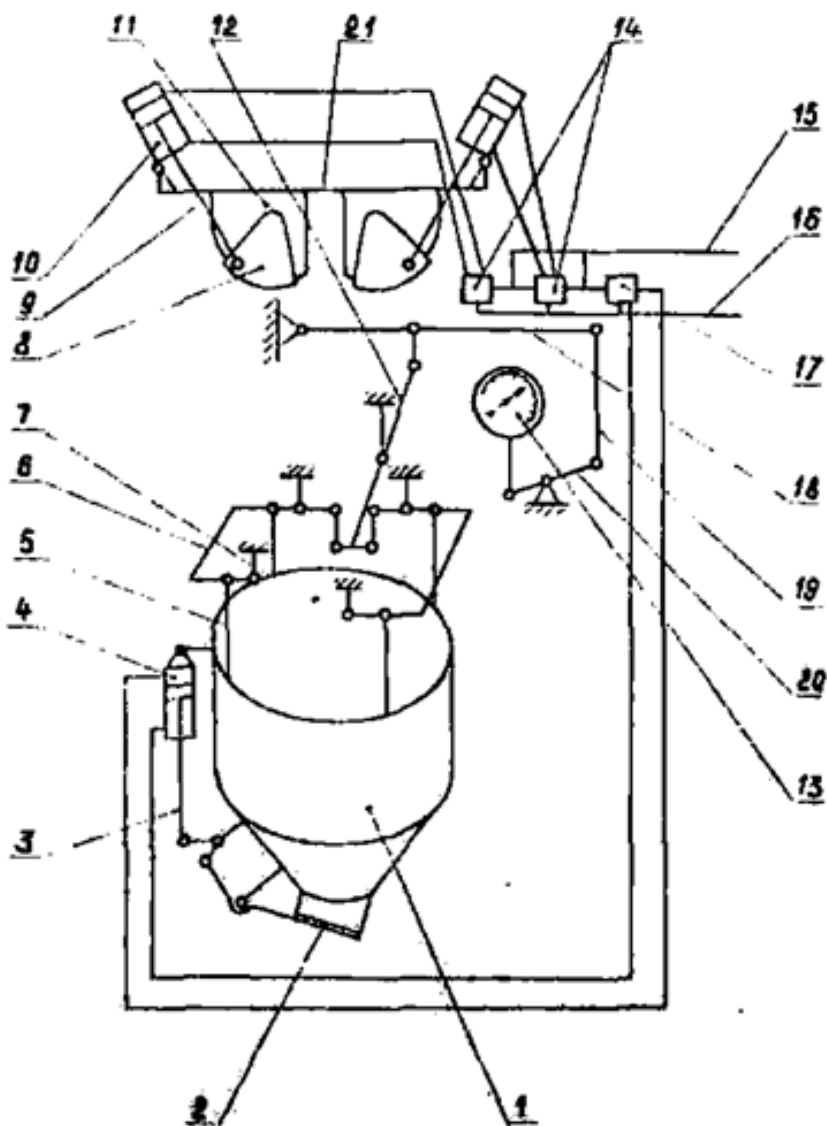


Рисунок 4 – Дозатор инертных материалов

Унифицированный (для всех дозаторов) циферблатный указатель (рис. 5) состоит из корпуса 1 с закрепленной внутри него вертикальной рамкой 2, в которой на валике 21 установлены стрелки: 11 – для визуальных измерений по шкале 10; 5 – для автоматического дозирования.

Внутри корпуса 1 на лентах 8 подвешены два квадранта, закрепленные на осях горизонтальной рамки 15 и состоящие из секторов 13 малого радиуса, секторов 12 большого радиуса и рычагов 7 с противовесами 6. Ленты 8 одним концом закреплены вверху корпуса 1, другим концом – внизу сектора 13 малого радиуса. Вверху секторов 12 большого радиуса закреплены ленты 3, нижние концы которых присоединены к траверсе 17 с тягой 19. Противовесы 6 в начале взвешивания (когда еще нет материала в ковше) поворачивают квадранты на осях горизонтальной рамки 15, стремясь занять нижнее положение; при этом секторы малых радиусов перекатываются по боковым направляющим вертикальной рамки 2, и опускают горизонтальную рамку 15 вниз, насколько это позволяют лента 8. К горизонтальной рамке 15 присоединена зубчатая рейка, находящаяся в зацеплении с шестерней 16, закрепленной наглухо на валике 21 со стрелками 5 и 11. Тяга 19 проходит через гидравлический демпфер 18, гасящий собственные колебания деталей весоизмерительной системы. Гидравлический демпфер 18 служит для гашения собственных колебаний весоизмерительной системы.

Внутри циферблатного указателя в прорезях неподвижного кольца по окружности закреплено несколько ртутно-магнитных включателей, каждый из которых состоит из ртутного включателя 14 и постоянного магнита 20. Включатель 14 представляет собой стеклянную колбу, на дне которой находится капля ртути 22. С ней соприкасаются концы двух контактных пластин – неподвижной 24 и подвижной 23. Подвижная пластина оттягивается магнитом 20 и удерживается им в разомкнутой состоянии относительно капли ртути и пластины 24. Обе пластины 31 имеют выводы наружу, которыми подключены к электрической системе управления через включатели на пульте.

С помощью этих включателей перед началом дозирования включается электрическая цепь требуемой дозы материала.

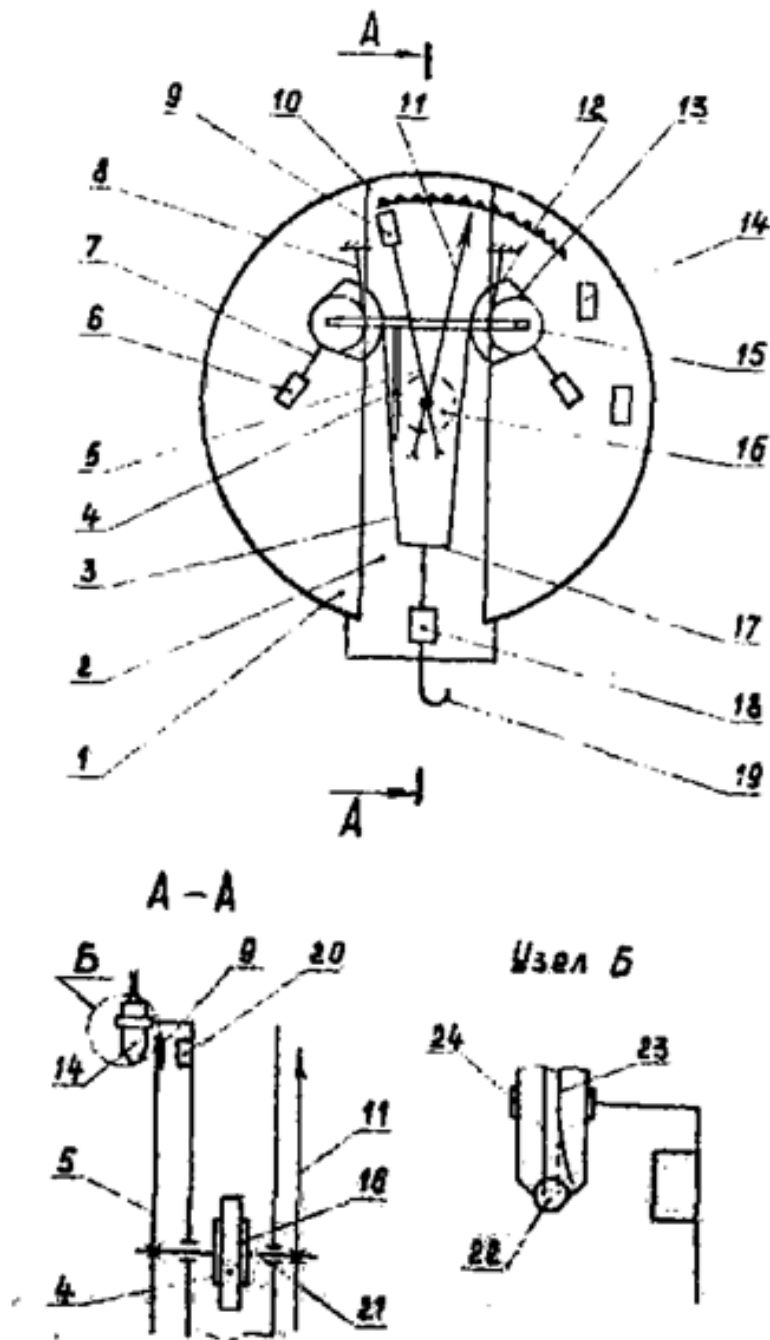


Рисунок 5 – Унифицированный циферблатный указатель

Работа дозатора начинается после включения с пульта управления электровоздушного клапана 14 (см. рис. 5), который открывает впускной затвор загрузочного устройства. По мере наполнения ковша материалом усилие от него через рычажную систему дозатора передается к тяге 19 циферблатного указателя, а от нее – через гибкие ленты 3 к рычагам 7. При этом рычаги отклоняют противовесы наружу, гибкие ленты 3 сматываются с секторов 12, а гибкие ленты 8 наматываются на секторы 13 рычагов 7, которые перекачиваются вверх по наружным граням опорной рамки 2. Подвижная рамка 15 пере-

мещается вверх, через зубчато-реечную передачу поворачивает стрелка циферблатного указателя по часовой стрелке. Материал, поступающий в грузоприемный ковш, уравнивается соответствующим отклонением рычагов 7 с противовесами. При достижении заданной дозы материала в ковше стрелка 5 циферблатного указателя металлическим экраном 9 перекрывает зазор между ртутным включателем и магнитом, в результате чего действие последнего на подвижную пластину 23 ослабевает. Силами упругости пластина замыкается с капелькой ртути, а через нее с неподвижной пластиной 24. По сигналу ртутно-магнитного включателя электрическая система переключает электровоздушный клапан 14, который через пневмоцилиндр 10 закрывает впускной затвор 8 (см. рис. 4); загрузка материала в ковш дозатора прекращается. Разгрузка осуществляется либо по сигналу с пульта, либо автоматически. При этом срабатывает электровоздушный клапан 17 и пневмоцилиндр 4. Затем автоматическая система приводит дозатор в исходное положение.

Использование автоматических дозаторов повышает их точность, облегчает труд оператора и увеличивает производительность.

Дозатор цемента АВДЦ-425 предназначен для взвешивания цемента двух марок. Его грузоприемный ковш и рычажная система с циферблатным указателем у этого дозатора аналогичны по конструкции дозатору АВДИ-425. Для подачи цемента в грузоприемный ковш из двух расходных бункеров служат два шнековых питателя, перед каждым питателем и на его выходе установлены впускные и выпускные затворы. Выдача материала обоими питателями осуществляется поочередно в один патрубок. Пространство между питателем и грузоприемным ковшом закрыто гибким рукавом, исключаящим распыление цемента. Управление двумя затворами одной секции заблокировано и осуществляется посредством одного пневмоцилиндра.

Дозатор жидкости АВДЖ-425 предназначен для последовательного взвешивания жидких составляющих бетона, воды и различных добавок. По конструкции дозатор аналогичен рассмотренным и отличается только типом впускных клапанов и наличием сливной воронки. По окончании дозирования жидкость через впускной затвор большого сечения быстро выливается в воронку, соединенную трубопроводом со смесителем. Применение воронки сокращает цикл дозирования.

2.1.4 Изучение устройства циклических бетоносмесителей гравитационного действия и определение их производительности [1, с. 173-179]

Задание

1. Изучить устройство и рабочий процесс циклических гравитационных бетоносмесителей.
2. Вычертить схему бетоносмесителя заданного типа.
3. Описать устройство и рабочий процесс бетоносмесителя, приведенного на схеме.
4. Определить критическую частоту вращения смесительного барабана и производительность бетоносмесителя.

Таблица 7

Варианты заданий

Наименование показателей	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
Марка бетоносмесителя	СБ-30	СБ-103	СБ-28	СБ-10А	СБ-101	СБ-15	СБ-94
Время перемешивания, с	60	120	40	80	50	60	120
Способ загрузки материала в барабан*	ХХ	ХХХ	Х	ХХХ	Х	ХХХ	ХХХ

*Х – вручную, ХХ – скиповым подъемником, ХХХ – из грузоприемных ковшей дозаторов.

Общие сведения об устройстве и работе циклических гравитационных бетоносмесителей

Циклические гравитационные бетоносмесители предназначены для приготовления подвижных бетонных смесей, имеющих водоцементное отношение 0,5...0,6 и выше.

Рабочим органом циклических гравитационных бетоносмесителей является вращающийся относительно своей продольной оси барабан, к внутренним стенкам которого прикреплены под определенными углами лопасти.

Наибольшее распространение получили циклические гравитационные бетоносмесители с грушевидным опрокидным и с двухконусным наклоняющимся барабаном.

Бетоносмеситель СБ-27, СБ-28, СБ-101 с опрокидным грушевидным барабаном выполнен передвижным на колесном ходу и используется для приготовления бетонной смеси непосредственно на строительных площадках при небольших объемах бетонных работ.

Смесительный барабан 4 (рис. 6) указанных бетоносмесителей закреплен на выходном валу редуктора 5, корпус которого соединен с трубой 2, через

подшипники опирающейся на раму 6. Ведущий вал редуктора 5 проходит в трубе 2 и приводится от электродвигателя 7 через ременную передачу 1. К трубе 2 наглухо прикреплен рычаг 3 поворота барабана с редуктором 5. Барабан 4 состоит из корпуса, цилиндрического пояса и днища, в которое вварена втулка для посадки его на выходной вал редуктора. К внутренней поверхности барабана 4 прикреплены три лопасти.

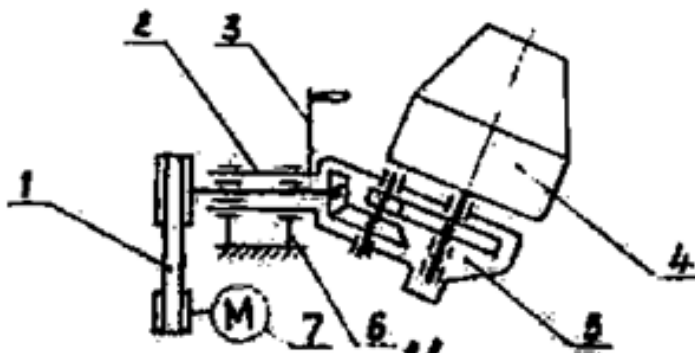


Рисунок 6 – Конструктивная схема бетоносмесителей СБ-27, СБ-28, СБ-101

Бетоносмесители с опрокидным барабаном СБ-30, СБ-84, СБ-91, СБ-94 выполняются по принципиальной схеме, приведенной на рис. 6.

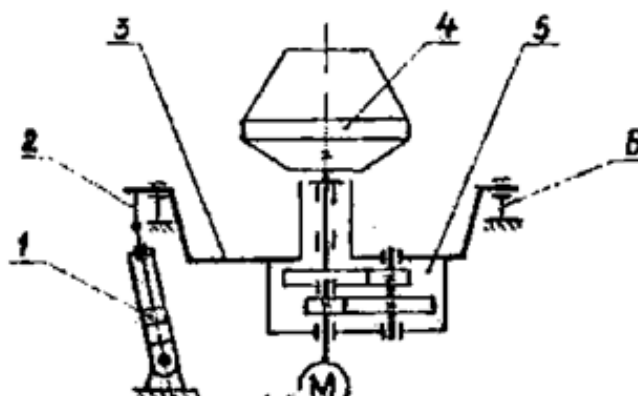


Рисунок 7 – Конструктивная схема бетоносмесителей СБ-30, СБ-84, СБ-91, СБ-94

Смесительный барабан 4 такого бетоносмесителя состоит из двух усеченных конусов и обечайки. Внутри к стенкам барабана 4 прикреплены лопасти.

Барабан 4 крепится наглухо на выходном валу редуктора 5, установленного вместе с электродвигателем 7 на поворотной траверсе 3. Траверса 3 опирается на подшипники рамы 6 и может поворачиваться в них гидро- или пневмоцилиндром 1, шток которого шарнирно соединен с рычагом 2, наглухо закрепленном на траверсе 3. Бетоносмеситель СБ-30 – передвижной (на полозьях), имеет скиповый подъемник для загрузки сухих составляющих в бара-

бан; бетоносмесители СБ-84, СБ-91, СБ-94 – стационарные, составляющие бетонной смеси загружается в их барабаны из грузоприемных ковшей дозаторов.

Конструктивная схема бетоносмесителей СБ-10А, СБ-15 и СБ-103 приведена на рис. 8.

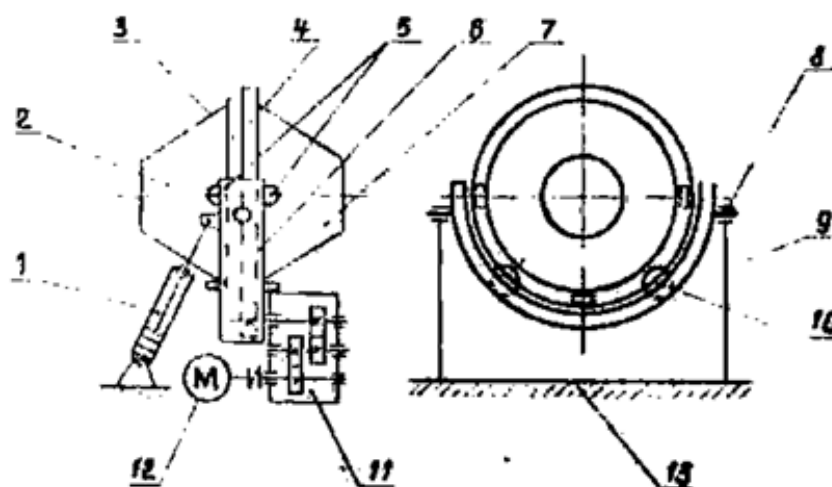


Рисунок 8 – Конструктивная схема бетоносмесителей СБ-10А, СБ-15 и СБ-103

Рабочим органом бетоносмесителя СБ-103 является барабан, состоящий из двух усеченных конусов 2 и 7, соединенных большими основаниями с цилиндрической вставкой, на внешней стороне которой приварен бандаж 3 и зубчатый венец 4. На внутренней стороне барабана закреплены лопасти с уклоном к его середине. Барабан бандажем 3 опирается на опорные ролики 10 траверсы 6 и фиксируется на ней тремя парами упорных роликов 5, установленных на осях с обеих сторон траверсы 6. Траверса 6 своими цапфами 8 опирается на подшипники, закрепленные на стойках 9 основной рамы 13.

Электродвигатель 12 и редуктор 11 привода барабана установлены на траверсе 6 и приводят во вращение зубчатый венец барабана. Пневмо- или гидrocилиндр 1 наклоне траверсы с барабаном закреплен на одной из стоек 9, а его шток соединен шарниром с кронштейном траверсы 6.

Рабочий цикл гравитационных бетоносмесителей состоит из следующих операций: загрузка составляющих бетонной смеси в барабан, перемешивание материала, выгрузка готовой смеси и возвращение барабана в положение загрузки.

Отдозированные сухие составляющие бетонной смеси загружаются в смесительный барабан в зависимости от вместимости бетоносмесителя вручную, скиповым подъемником или из грузоприемных ковшей дозаторов; затем в барабан подается требуемое количество воды. При этом барабан приводится двигателем во вращение относительно своей оси, расположенной с наклоном примерно 15° к горизонту, у бетоносмесителей с грушевидным опрокидным барабаном или относительно горизонтальной продольной оси – у двухконусных бетоносмесителей.

При вращении барабана составляющие бетонной смеси под действием

сил трения о стенки барабана и между собой, а также лопастями, прикрепленными внутри барабана, поднимаются на некоторую высоту под действием сил тяжести скользят по лопастям и свободно падают вниз.

При этом различные частицы материала движутся относительно других частиц по пути наименьшего сопротивления и заполняют свободное пространство между более крупными частицами. Для выгрузки готовой бетонной смеси барабан опрокидывают соответствующим устройством горловиной вниз так, чтобы продольная ось его была наклонена под углом около 45° к горизонту.

После выгрузки смеси барабан поворачивается в положение загрузки.

Методические указания к определению критической частоты вращения смесительного барабана и производительности бетоносмесителя

Частота вращения смесительного барабана должна быть такой, чтобы при его работе материал под действием силы тяжести смог падать с определенной высоты, преодолевая силы его трения о лопасти и центробежные силы инерции, прижимающие материал к стенкам барабана.

Исходя из сказанного, критическая частота вращения барабана определяется по формуле:

$$n = 30 \sqrt{\frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{R}}, \text{ об/мин,}$$

где α – угол наклона лопасти к горизонту, $\alpha = 45^\circ$;

μ – коэффициент трения смеси о сталь, $\mu = 0,6$;

R – радиус внутренней поверхности барабана, м.

Радиус внутренней поверхности барабана измеряется непосредственно на машине или может быть определен по формуле:

$$R = 0,792 V_{заг}^{0,31}, \text{ м,}$$

где $V_{заг}$ – вместимость барабана по загрузке сухих составляющих, м^3 .

Техническая производительность циклических бетоносмесителей определяется по формуле:

$$П = \frac{3600V}{1000T_{ц}},$$

где V – объем готового замеса в л;

$$V = V_{заг} k_{вых};$$

где $V_{заг}$ – вместимость барабана по загрузке сухих компонентов, л;
 $k_{вых}$ – коэффициент выхода бетонной смеси, $k_{вых} = 0,65...0,70$;
 $T_{ц}$ – продолжительность одного рабочего цикла, с.

$$T_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \text{ с}$$

где t_1 – продолжительность загрузки барабана, принимается при ручной загрузке $t_1 = 40...50$ с, при загрузке скиповым подъемником $t_1 = 15...25$ с, при загрузке из грузоподъемных ковшей дозатора $t_1 = 10...15$ с;

t_2 – продолжительность перемешивания (табл. 7);

t_3 – продолжительность выгрузки готовой бетонной смеси, для бетоносмесителей с опрокидным и грушевидным барабаном и с двухконусным наклонившимся барабаном $t_3 = 10...20$ с причем большие значения принимаются для бетоносмесителей с большей вместимостью барабана;

t_4 – продолжительность поворота барабана в положение загрузки составляющих смеси, принимается $t_4 = 3...5$ с.

Таблица 8

Технические характеристики гравитационных бетоносмесителей

Показатели	Марка бетоносмесителя						
	СБ-28	СБ-101	СБ-30	СБ-15	СБ-10А	СБ-94	СБ-103
Вместимость смесительного барабана, л	100	100	250	500	1200	1500	3000
Объем готового замеса, л	65	65	165	330	800	1000	2000
Частота вращения смесительного барабана, об/мин	23	30	20	18,2	17	12,6	12,6
Максимальная крупность заполнителя, мм	40	40	70	70	120	120	120
Мощность двигателя привода смесительного барабана, кВт	4,4	0,6	1,0	2,8	13,0	25,0	25,0
Масса бетоносмесителя, кг	265	213	500	1370	3945	3000	7600

2.1.5 Изучение устройства циклических бетоносмесителей принудительного действия и определение их производительности [1, с. 179-184]

Задание

1. Изучить устройство и рабочий процесс циклических бетоносмесителей принудительного действия.
2. Вычертить принципиальную схему бетоносмесителя принудительного действия заданного типа.
3. Описать устройство и рабочий процесс бетоносмесителя, приведенного на схеме.
4. Определить техническую производительность бетоносмесителя заданного типа.

Таблица 9

Варианты заданий

Показатели	Вариант						
	1	2	3	5	6	7	8
Тип бетоносмесителя	СБ-31А	СБ-35	СБ-62	СБ-31А	СБ-35	СБ-62	СБ-79
Продолжительность перемешивания, с	55	50	45	45	60	55	50

Общие сведения об устройстве и работе циклических бетоносмесителей принудительного действия

Циклические бетоносмесители принудительного действия предназначены для быстрого и высококачественного перемешивания бетонных смесей любой консистенции и строительных растворов.

Наиболее рационально их использовать для приготовления мелкозернистых и жестких бетонных смесей на заводах железобетонных изделий.

Крупность заполнителя бетона, приготовляемого в таких бетоносмесителях, не должна превышать 60...70 мм, желательно использовать заполнитель крупностью до 40 мм.

Циклические бетоносмесители принудительного действия изготавливаются роторного (рис. 9) и планетарно-роторного (рис. 10) типов.

Бетоносмесители роторного типа модели СБ-79 имеют вертикальную неподвижную чашу, состоящую из днища, внешнего 1 и внутреннего 9 цилиндров, создающих кольцевую зону, в которой осуществляется перемешивание смеси.

Рабочим органом бетоносмесителя является ротор 3, на шести стержнях-держателях 6 которого закреплены пять рабочих лопастей 7 и два очистных скребка для очистки внешнего 10 и внутреннего 11 цилиндров чаши. Рабочие лопасти 7 расположены на разных расстояниях от центра вращения с таким

расчетом, чтобы они перекрывали все кольцевое пространство смесителя, и установлены под различными углами в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Ротор приводится во вращение от мотор-редуктора 5 через зубчатую передачу 4, на ведомом валу которой закреплен корпус ротора 3. Загрузка составляющих сухих смесей осуществляется из грузоприемных ковшей дозаторов через загрузочное отверстие 2, выгрузка готовой бетонной смеси – через секторный люк с затвором 8, управляемым пневмоцилиндром 12. Для защиты держателей и лопастей от поломок на корпусе ротора предусмотрены пружинные амортизаторы 11.

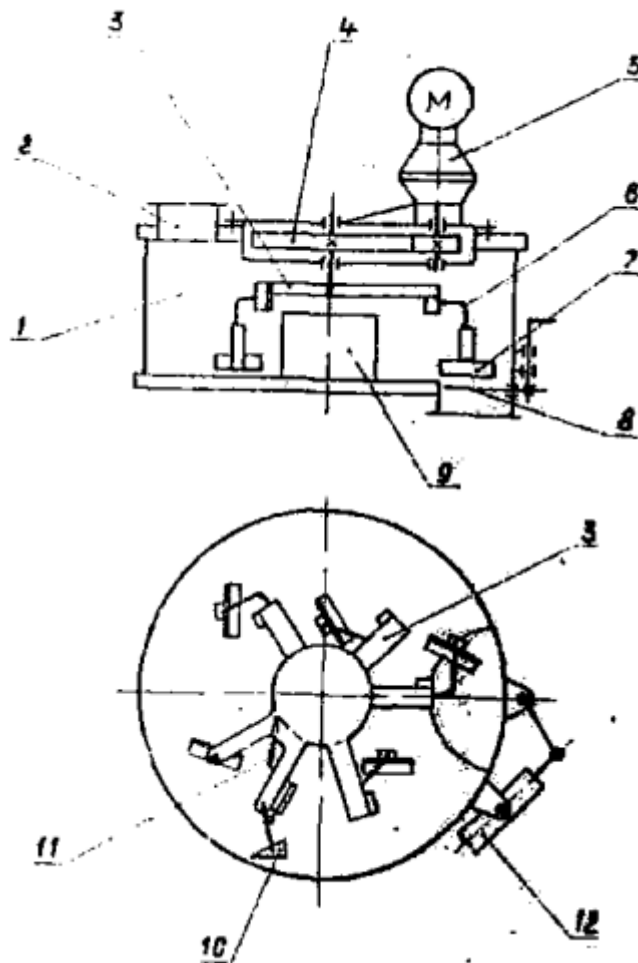


Рисунок 9 – Циклический бетоносмеситель принудительного действия роторного типа

Перемешивание смеси осуществляется в кольцевой смесительной камере путем силового воздействия на смесь лопастей, вращающихся вместе с ротором относительно вертикальной оси. При этом частицы смеси под давлением лопастей движутся по сложным траекториям с различными скоростями, занимая свободное пространство между более крупными частицами. Очистные скребки очищают вертикальные стенки цилиндров от налипшего материала и направляют его в зону перемешивания. Вода подается в смеситель из дозатора по специальному трубопроводу.

Планетарно-роторный бетоносмеситель СБ-62 (рис. 10) имеет вертикальную неподвижную чашу, состоящую из внешнего 1 и внутреннего 9 цилиндров и днища, в кольцевом пространстве между которыми осуществляется перемешивание смеси. В днище имеется люк для выгрузки готовой смеси с затвором 11, управляемым пневмоцилиндром 16. Сверху чаша закрыта откидными крышками, в одной из которых имеется загрузочный патрубок 2, а в другой – смотровой люк. Сверху чаши крепится мотор-редуктор 3 для привода ротора и смесительных лопастных валов 7.

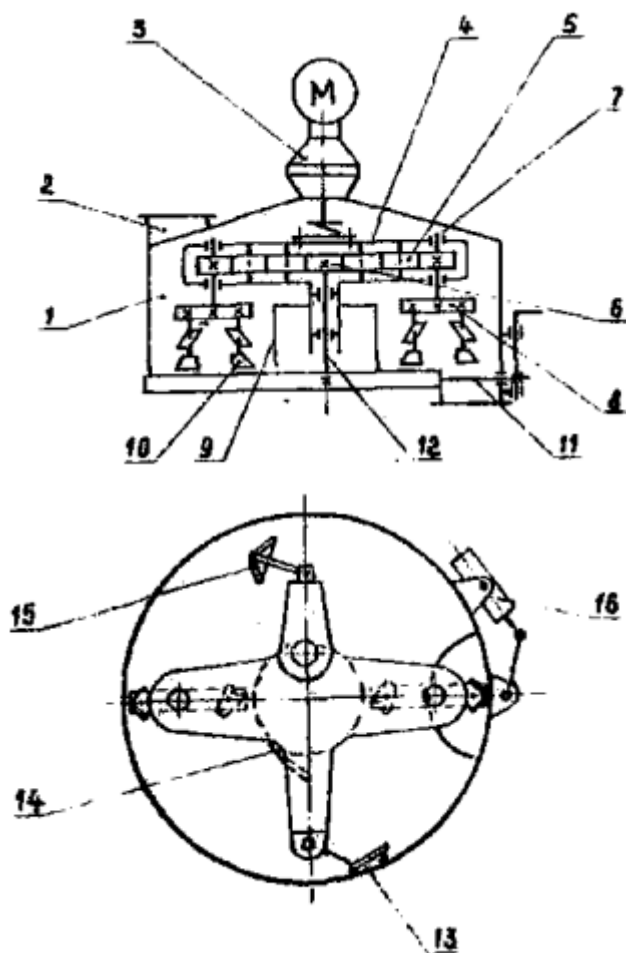


Рисунок 10 – Циклический бетоносмеситель принудительного действия планетарно-роторного типа

Вал мотор-редуктора 3 соединен эластичной муфтой с траверсой 4, являющейся корпусом планетарного редуктора, и приводит ее во вращение вокруг неподвижно закрепленного на вертикальной стойке 12 зубчатого колеса 6.

При этом шестерни 5 обкатываются вокруг зубчатого колеса 6 и через паразитные шестерни вращают валы 7, на держателях 8 которых закреплены лопасти 10, расположенные в два ряда по высоте. Таким образом, смесительные лопасти вращаются одновременно вокруг центральной 12 и собственных 7 осей и совершают сложное планетарное движение в кольцевой смесительной

чаше. На траверсе 4 при помощи рычагов и кронштейнов закреплены подгребающая лопасть 15 и скребки 13 и 14 для очистки внешнего и внутреннего цилиндров смесительной чаши. Сухие составляющие смеси загружаются в чашу из грузоприемных ковшей дозаторов.

Бетонная смесь перемешивается под действием лопастей, совершающих планетарное движение в смесительной чаше. При этом частицы смеси под действием давления лопастей перемещаются по сложным траекториям с различными скоростями, сдвигают рядом расположенные частицы и занимают пространство между более крупными частицами. Подгребающая лопасть непрерывно подает перемешиваемый материал под смешивающие лопасти; очистные лопасти очищают вертикальные стенки чаши от налипающего материала. Вода подается в смеситель из дозатора по специальному трубопроводу.

По окончании перемешивания готовая бетонная смесь выгружается через люк в днище, который открывается поворотом затвора в горизонтальной плоскости. При этом вращающиеся лопасти способствуют перемещению смеси к разгрузочному отверстию. Когда выгрузка смеси окончена, закрывается люк в днище, и чаша готова к приему очередной порции составляющих смеси.

Таблица 10

Технические характеристики бетоносмесителей

Показатели	Марка бетоносмесителя			
	СБ-31А	СБ-35	СБ-79	СБ-62
Тип бетоносмесителя	роторный	роторный	роторный	планетарно-роторный
Объем готового замеса, л	165	330	500	800
Вместимость по загрузке сухих составляющих, л	250	500	750	1200
Диаметр смесительной чаши, мм	1250	1800	2200	2170
Число лопастей и скребков	2 + 2	5+5	7+2	(2 + 2+I) + 2
Частота вращения ротора, об/мин	31-35	30	26	20
Мощность электродвигателя, кВт	4,5	14	28	30
Масса, кг	1240	2000	3445	4035

Техническая производительность циклических бетоносмесителей принудительного действия определяется до такой же методике, как и для бетоносмесителей гравитационного действия перемешиванием, приведенной в п/п 2.1.4.

2.1.6 Изучение устройства асфальтоукладчиков и определение их производительности [2, с. 63-69]

Задание

1. Изучить конструкцию асфальтоукладчика и технологический процесс его работы.
2. Вычертить конструктивную схему асфальтоукладчика (рис. 11).
3. Определить эксплуатационную производительность асфальтоукладчика по исходным данным согласно варианта (табл. 11).

Таблица 11

Технические характеристики асфальтоукладчиков

Показатели	Вариант					
	1 рис. 11	2 рис. 12	3 рис. 13	4 рис. 11	5 рис. 12	6 рис. 13
Марка укладчика	АСФ-К-3-02	АСФ-К-2-04	АСФ-Г-3-08	АСФ-Г-4-03	АСФ-К-2-07	АСФ-К-4-2-01
Производитель	Брянский арсенал			Ирмаш		
Движитель	Колесный		Гусеничный		Колесный	
Производительность, т/ч	до 500	до 350	до 600	до 600	до 300	до 500
Вместимость бункера, т	10	10	12	14	10	12
Ширина укладываемой полосы B , м	2,5-6,5	2,5-4,5	2,5-6,5	2,8-9,0	2,2-4,5	2,5-7,0
Толщина укладываемого слоя h , мм	до 250	до 250	до 300	30-300	30-250	30-300
Двигатель	дизельный					
модель	Д 260.1	Д 245-162	Д 260.1	Д 260.4	Д 243	Д 243
Мощность, кВт	114	77,2	114	154	60	96,5
Скорость передвижения рабочая v_p , м/мин транспортная, км/ч	до 20 до 16	до 25 до 18	до 14 до 3,3	0,7-24 до 3,1	0,9-20 до 16	0,8-20 до 16

Габаритные размеры, мм:						
длина	6700	6285	6350	6620	5990	6800
ширина	2530	2530	2530	2500	2350	2500
высота	3950	3950	3970	3750	3750	3750
Масса, т	16,5	14,5	16,4	20	13,25	18,5

Общие сведения об устройстве и технологическом процессе работы асфальтоукладчиков

Асфальтоукладчики являются самоходными машинами непрерывного действия, обеспечивающими безостановочную укладку асфальтобетонных покрытий и разнообразных смесей из грунта и каменных материалов с органическими вяжущими. Схема асфальтоукладчика на гусеничном ходу представлены на рис. 11.

Асфальтоукладчик состоит из двух частей: тракторной части, представляющей собой тележку на гусеничном ходу 1, на которой установлены двигатель 2 с коробкой передач и главным трансмиссионным валом, рычаги управления 3, приемный бункер 4 с пластинчатыми цепными питателями 5 и распределительными шнеками 6, и навесной части, представляющей собой шарнирную П-образную раму 7, охватывающую тракторную часть и своими свободными концами шарнирно прикрепленную к раме гусеничной тележки, на которой смонтированы рабочие органы – трамбующий брус 8 и выглаживающая плита 9.

Приемный бункер 4 является устройством, согласующим циклическую подачу смеси с непрерывной её укладкой. Бункер состоит из двух боковых, передней и задней, стенок и днища, образованного двумя пластинчатыми питателями 5. Питатели имеют отдельный привод и, в зависимости от ширины укладываемой полосы, включают один или оба питателя, подающие смесь из бункера 4 к двум соосно установленным шнекам 6, которые распределяют ее по ширине полосы. Шнеки выполнены с противоположной навивкой и снабжены отдельными приводами. Скорость движения питателей и число оборотов шнеков устанавливаются в зависимости от скорости передвижения укладчика.

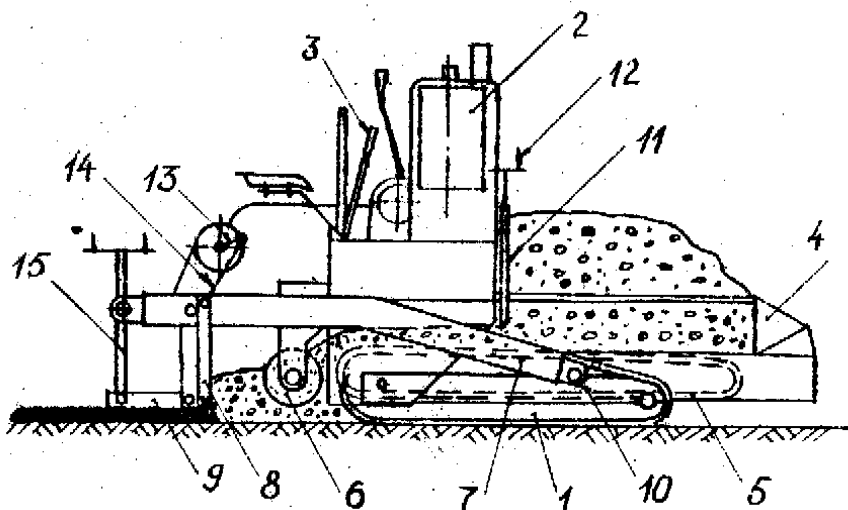


Рисунок 11 – Конструктивная схема асфальтоукладчика:

- 1 – гусеничная тележка; 2 – двигатель; 3 – рычаги управления;
 4 – приёмный бункер; 5 – пластинчатый питатель; 6 – распределительный шнек;
 7 – рама; 8 – трамбуемый брус; 9 – выглаживающая плита; 10 – шарнир;
 11 – заслонка; 12 – винт регулировочный; 13 – эксцентриковый вал; 14 – шатун;
 15 – винт установочный

Для регулирования количества смеси, подаваемой питателями к шнекам, служат заслонки 11 на задней стенке бункера 4. Их можно поднимать и опускать вручную при помощи винта 12.

Трамбующий брус 8 предназначен для предварительного уплотнения асфальтобетонной смеси. Он состоит из двух половин: каждая приводится в действие от своего эксцентрикового вала 13, соединённого с трамбуемым брусом 8 шатунами 14. Для очистки трамбуемого бруса от прилипшей асфальтобетонной смеси предусмотрен нож-отражатель. Выглаживающая плита 9 является второй опорой несущей рамы 7 и состоит из двух шарнирно-соединённых половин и механизма регулирования поперечного профиля покрытия и толщины укладываемого слоя 15.

Шарнирное крепление подвески выглаживающей плиты 9 к навесной раме 7, совместно с шарнирным креплением 10 самой навесной рамы 7 на гусеничной тележке укладчика, даёт возможность плите 9 и трамбуемому брусу 8 свободно перемещаться в вертикальном направлении, что необходимо для получения различных поперечных профилей и толщины укладываемого покрытия.

Установка правой и левой секции плиты на одном уровне даёт возможность получить плоский горизонтальный поперечный профиль (рис. 12, а).

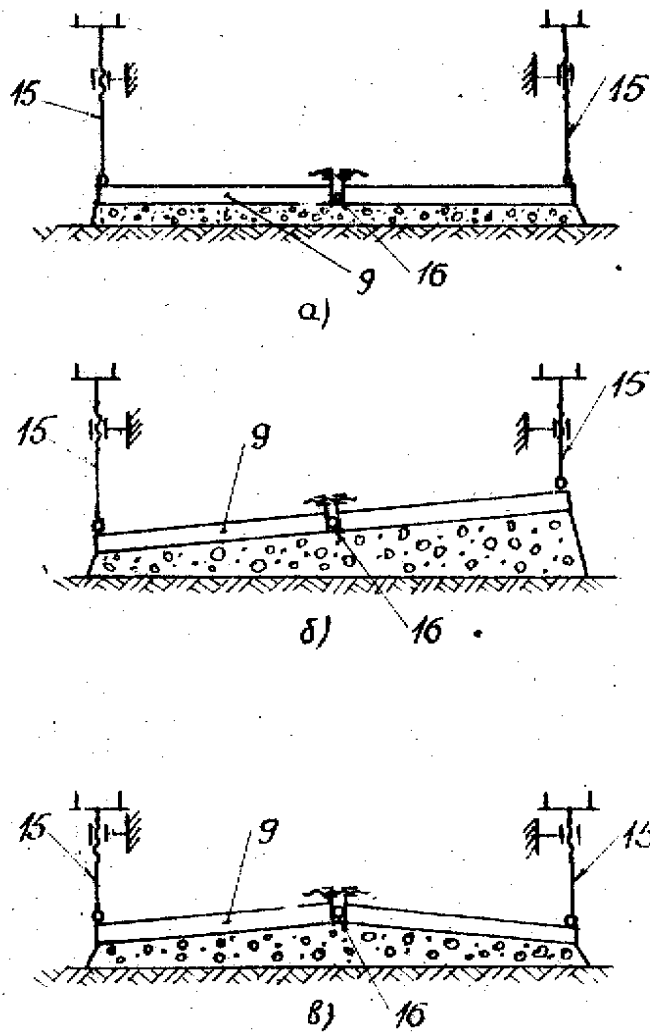


Рисунок 12 – Схема регулирования поперечного профиля укладываемого слоя:
 9 – секции плиты; 15 – установочные винты; 16 – соединительный шарнир;

При опускании левого края плиты ниже правого при помощи установочных винтов 15 получим наклонный плоский профиль (рис. 12, б). Двухскатный поперечный профиль получаем при опускании краев плиты ниже уровня расположения соединительного шарнира 16, секций плиты 9 (рис. 12, в).

Согласно схеме (рис. 13, а), выглаживающая плита 9 лежит на поверхности основания. Рама рабочих органов 7 наклонена к горизонту под некоторым углом β , а длина установочного винта 15 между плитой и рамой имеет размер α , соответствующий толщине укладываемого слоя $h_{сл} = 0$.

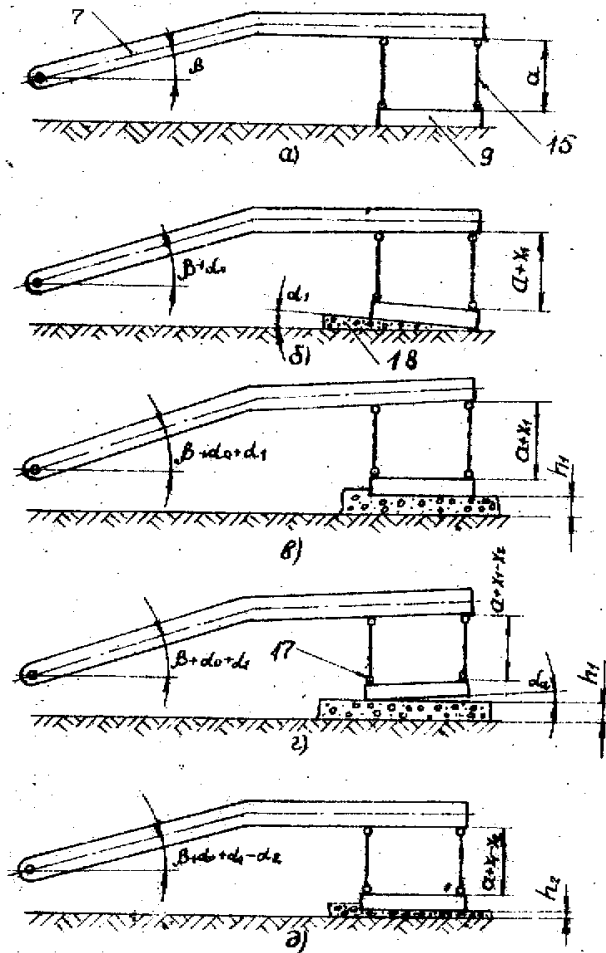


Рисунок 13 – Схема регулирования толщины укладываемого слоя:
 7 – рама рабочих органов; 9 – выглаживающая плита; 15 – установочный винт;
 17 – шарнир; 18 – укладываемый слой

Вращая установочный винт 15 (см. рис. 12), можно увеличить его длину на величину x_1 (рис. 13, б).

При этом рама будет наклонена к горизонту на угол $\beta + \alpha_0$. Передний край плиты 9 поднимается, и рабочая ее поверхность с плоскостью основания составит угол α_1 , который называется углом атаки. При движении машины вперед выглаживающая плита 9 поднимается по смеси вверх до тех пор, пока ее рабочая поверхность не станет параллельной основанию и не будет отстоять от него на величину h_1 (рис. 13, в). В дальнейшем толщина слоя будет оставаться постоянной до изменения угла атаки.

Для уменьшения толщины укладываемого слоя необходимо уменьшить длину установочного винта 15 на величину x_2 . Тогда выглаживающая плита 9 повернется вокруг шарнира 17 подвески плиты и образует отрицательный угол атаки α_2 (рис. 13, г). При движении машины плита 9 своим передним краем будет врезаться в укладываемый слой 18 до тех пор, пока ее рабочая поверхность не будет параллельной основанию, но уже на расстоянии h_2 (рис. 13, д). Рама рабочих органов 7 будет иметь угол наклона

$$\beta + \alpha_0 + \alpha_1 - \alpha_2 .$$

При описанной системе подвески почти весь вес рабочих органов и частично самой рамы передаётся на выглаживаемую плиту, свободно скользящую по поверхности укладываемой смеси и выглаживающую эту поверхность. Давление плиты на поверхность асфальтобетона составляет 0,1 – 0,2 МПа.

Выглаживающая плита имеет обогрев, предназначенный для предохранения от прилипания смеси в начале работы, который в дальнейшем отключается, так как плита нагревается от асфальтобетонной массы. Работает система следующим образом. Топливо насосом под давлением подаётся к форсунке. Туда же воздуходувкой подается воздух. Горячие газы, получающиеся при сгорании топлива, от форсунки поступают во внутреннюю полость выглаживающей плиты. Из плиты отработанные газы выбрасываются в атмосферу.

Определение производительности асфальтоукладчика

Теоретическая производительность асфальтоукладчика определяется по выражению:

$$P_m = 60hBV_p\rho, \text{ т/ч}$$

где h – толщина укладываемого слоя, м;

B – ширина полосы, м;

V_p – рабочая скорость укладчика, м/мин;

ρ – плотность материала в укладываемом слое, $\rho = 2 \text{ т/м}^3$.

Эксплуатационная производительность асфальтоукладчика

$$P_{\text{э}} = P_m k_{\text{э}},$$

где $k_{\text{э}}$ – коэффициент использования рабочего времени, $k_{\text{э}} = 0,75 \dots 0,95$.

Для оценки возможностей асфальтоукладчика по площади заасфальтированной дороги иногда производительность асфальтоукладчика выражается в квадратных метрах в единицу времени:

$$P_{\text{э}} = 60BV_p k_{\text{э}}, \text{ м}^2/\text{ч}$$

2.1.7 Изучение устройства дорожных катков и определение их производительности [2, с. 76-80]

Задание

1. Изучить назначение, классификацию, устройство и рабочий процесс дорожных катков.
2. Вычертить принципиальную схему дорожного катка.
3. Определить эксплуатационную производительность катка по исходным данным согласно варианта (табл. 12).

Таблица 12

Параметры	Варианты задания					
	1	2	3	4	5	6
Тип	трехвальцовый двухосный		двухвальцовый двухосный		трехвальцовый трехосный	
Уплотняемый материал	гравий	щебень	асфальто-бетон	гравий	щебень	асфальто-бетон
Ширина уплотняемой полосы B , м	6	7	7,5	8	10	12
Число проходов n по одному следу	50	35	25	60	45	30
Средняя скорость движения катка V , км/ч	2,73	1,94	3,25	7	3,25	2,35

Дорожные катки предназначены для уплотнения грунтов, гравийных и щебеночных оснований, а также асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

В рабочих органах катков используются укатки и виброуплотнения.

При уплотнении путем укатки по поверхности уплотняемого слоя перекатывается валец. Под действием его силы тяжести слой материала приобретает остаточную деформацию, которая по мере увеличения плотности уменьшается, и к концу укатки приближается к нулю. Дальнейшее увеличение плотности материала может быть достигнуто лишь увеличением нагрузки на валец.

Сущность виброуплотнения сводится к тому, что колеблющаяся с большой частотой масса сообщает кинетическую энергию частицам материала, расположенным в зоне действия вибратора, и приводит их в колебательное состояние. Разные по крупности и массе частицы получают различные ускорения, взаимно перемещаются, и поры между крупными частицами заполняются более мелкими; при этом достигается увеличение плотности материала.

Уплотнение материалов укаткой при устройстве дорожных оснований и покрытий осуществляется самоходными катками, которые могут быть с гладкими металлическими вальцами, вальцами в виде пневматических шин или с комбинированными рабочими органами (пневмоколесами, гладким вибровальцом).

По числу осей и вальцов различают катки:

- 1) одноосные одновальцовые с поддерживающими вальцами (колесами) или без них;
- 2) двухосные двухвальцовые с одним или двумя ведущими вальцами;
- 3) двухосные трехвальцовые;
- 4) двухосные трехвальцовые с дополнительным вальцом малого диаметра;
- 5) трехосные трехвальцовые с одним или тремя ведущими вальцами.

Дорожный каток трехвальцовый двухосный (рис. 14) состоит из следующих сборочных единиц: рамы 1, двигателя 2, трансмиссии, ведущего 3 и ведомого 4 вальцов, рулевого управления 5, систем очистки 6 (скребков) и смазывания рабочей поверхности вальцов 7 (баки с водой).

Трансмиссия катка – гидромеханическая и состоит из компенсирующей муфты 8, гидротрансформатора 9, коробки передач 10 с реверсивным механизмом 11, редуктора, дифференциала и бортовой передачи.

Реверсивный механизм 11 (реверс) служит для быстрого (1...1,5 с) и плавного изменения направления движения катка. Плавность начала движения катка в любом направлении необходима для устранения пробуксовки. Вальцы катка 3 и 4 выполняются цельнолитыми из чугуна или стали, а также сварными, состоящими из обода, дисков и ступицы. Для снижения расхода металла вальцы изготавливают полыми, а увеличение их массы обеспечивается заполнением полостей водой или песком.

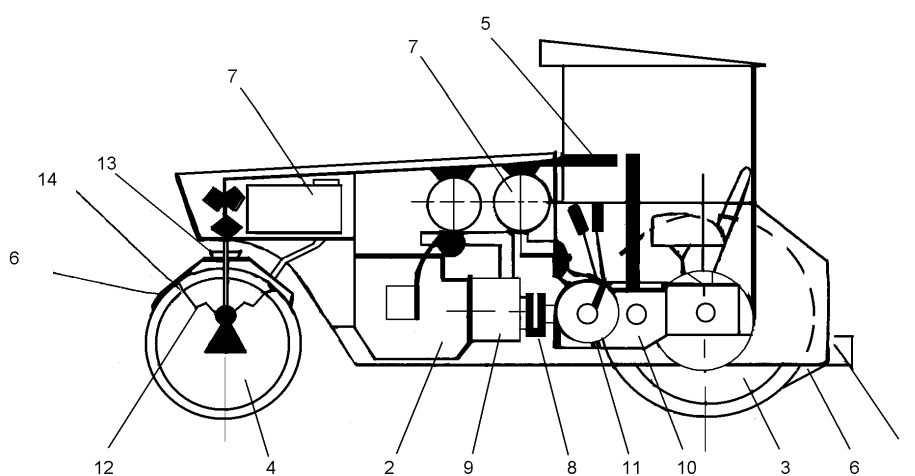


Рисунок 14 – Моторный каток трехвальцовый двухосный:
1 – рама; 2 – двигатель; 3 – ведущий валец; 4 – ведомый валец; 5 – рычаг

рулевого управления; 6 – скребки; 7 – бак с водой; 8 - компенсирующая муфта; 9 – гидротрансформатор; 10 – коробка передач; 11 – реверсивный механизм

Передний направляющий валец 4 выполнен разрезным, состоящим из двух одинаковых по длине частей. Это позволяет при поворотах каждой части вращаться со своей скоростью, что уменьшает сдвиги уплотняемого материала, улучшает ровность его поверхности и уменьшает сопротивление повороту.

Передний валец 4 прикреплен к раме продольным шарниром, что позволяет ему наклоняться в вертикальной плоскости на угол до 35° при наездах на неровности.

Диаметр ведущих валцов 3 в 1,3 раза больше диаметра направляющего вальца 4, поэтому они воспринимают не менее двух третей силы тяжести катка. Большой диаметр ведущих валцов 3 улучшает качество укатки и дает возможность легко преодолевать встречающиеся сопротивления.

Задние валцы 3 располагают так, что они перекрывают след переднего вальца примерно на 100 мм с каждой стороны. Для очистки валцов и предохранения их от налипания уплотняемого материала они имеют скребки 6 и смачивающие устройства 7. Скребки 6 представляют собой стальные пластинки, закрепленные на рычагах, которые пружинами 12 прижимаются к поверхности валцов. Смачивающая система 7 состоит из двух баков, из которых вода или эмульсия через краны и трубопроводы поступает к трубкам с отверстиями, равномерно распределяющими жидкость по рабочим поверхностям валцов.

Рулевое управление катка 5 – механическое с ручным приводом.

Кинематическая схема катка с гидромеханической трансмиссией представлена на рисунке 15.

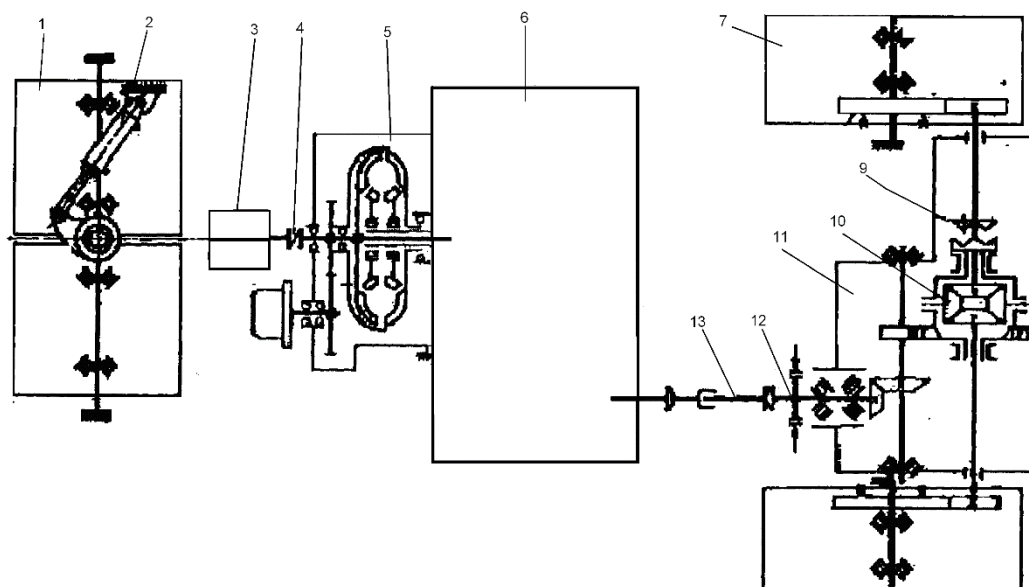


Рисунок 15 – Кинематическая схема катка с гидромеханической трансмиссией:
1 – направляющий валец; 2 – гидроцилиндр; 3 – двигатель; 4 – компенсационная муфта;

5 – гидротрансформатор; 6 – коробка передач; 7 – ведущий валец; 8 – бортовая передача;
9 – муфта блокировки дифференциала; 10 – дифференциал; 11 – редуктор; 12 – тормоз;
13 – карданная передача

Эксплуатационную производительность самоходных катков Π_3 (м²/ч) определяют по формуле

$$\Pi_3 = \frac{1000(B - b) \cdot V}{n}$$

где B – ширина уплотняемой полосы, м;

b – ширина перекрытия укладываемой полосы при последующих проходах катка ($b = 0,15 \dots 0,2$ м);

V – средняя скорость движения катка, км/ч;

n – необходимое число проходов катка (при уплотнении асфальтобетона $n = 25 \dots 30$; щебеночных оснований $n = 40 \dots 60$).

2.2 Перечень тем практических работ [3]

- 2.2.1 Определение основных параметров щековых дробилок [3, с. 4-11].
- 2.2.2 Определение силы дробления в конусной дробилке с крутым конусом [3, с. 35-43].
- 2.2.3 Определение силы и мощности валковой дробилки [3, с. 44-49].
- 2.2.4 Исследование режима работы дробилки ударного действия [3, с. 58-64].
- 2.2.5 Определение параметров инерционных виброгрохотов [3, с. 64-73].
- 2.2.6 Определение основных параметров и подбор оборудования дробильно-сортировочной установки [3, с. 73-89].
- 2.2.7 Определение показателей гравитационного бетоносмесителя [3, с. 90-100].
- 2.2.8 Определение показателей роторного бетоносмесителя [3, с. 100-107].
- 2.2.9 Расчет основных параметров поршневых бетононасосов [3, с. 116-125].
- 2.2.10 Изучение устройства и определение основных параметров пневмонагнетательных установок [3, с. 125-129].
- 2.2.11 Определение основных показателей бетоноукладчиков [3, с. 130-138].
- 2.2.12 Тепловой расчет битумоплавильных котлов [3, с. 156-162].
- 2.2.13 Определение основных параметров автогудронатора [3, с. 162-169].
- 2.2.14 Расчет основных показателей асфальтоукладчиков [3, с. 169-177].

3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

3.1 Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита выполненных работ;
- проведение текущих коллоквиумов по отдельным разделам;
- сдача экзамена по дисциплине.

3.2 Вопросы для самоконтроля

1. Классификация машин для измельчения каменных материалов
2. Щековые дробилки с простым движением щеки: назначение, устройство, принцип работы, преимущества и недостатки, определение производительности
3. Щековые дробилки со сложным движением щеки: назначение, устройство, принцип работы, преимущества и недостатки, определение мощности привода
4. Конусные дробилки: назначение, разновидности, устройство, принцип работы, преимущества и недостатки, определение производительности и мощности привода
5. Валковые дробилки: назначение, разновидности, устройство, принцип работы, преимущества и недостатки, определение производительности и мощности привода
6. Дробилки ударного действия: назначение, разновидности, устройство, преимущества и недостатки
7. Барабанные мельницы: назначение, классификация, устройство, рабочий процесс, преимущества и недостатки, определение основных параметров
8. Машины для механической сортировки каменных материалов: классификация, устройство, принцип работы и определение производительности
9. Машины для воздушной сортировки каменных материалов: классификация, устройство, принцип работы, преимущества и недостатки
10. Машины для гидравлической сортировки каменных материалов: классификация, устройство, принцип работы, преимущества и недостатки
11. Дробильно-сортировочные установки: назначение, классификация, технологические схемы и принцип работы
12. Цикличные бетоносмесители гравитационного действия: назначение, классификация, устройство, принцип работы, преимущества и недостатки, определение производительности

13. Циклические бетоносмесители принудительного действия: назначение, классификация, устройство, принцип работы, преимущества и недостатки, определение производительности
14. Устройство и принцип действия виброгазобетономешалок и пневмомеханических гомогенизаторов порошковых смесей
15. Устройство и принцип работы дозаторов компонентов бетона циклического действия
16. Устройство и принцип работы дозаторов компонентов бетона непрерывного действия (схемы)
17. Бетононасосы и растворонасосы: назначение, разновидности, устройство и принцип работы
18. Устройство, принцип работы и определение производительности пневматических установок для подачи бетонных смесей и растворов
19. Автобетоносмесители и автобетононасосы: назначение, устройство, принцип работы и определение производительности
20. Асфальтосмесительные установки: разновидности, общее устройство и принцип работы
21. Устройство и принцип работы машин для устройства оснований и покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими материалами
22. Автогудронаторы: назначение, основные параметры, устройство, принцип работы и определение производительности
23. Асфальтоукладчики: назначение, основные параметры, устройство, принцип работы и определение производительности
24. Назначение, общее устройство и принцип работы машин для строительства дорог с цементобетонным покрытием
25. Мелиорация в строительстве: виды, сооружения и классификация машин для их содержания и ремонта
26. Каналоочистительные машины: назначение, классификация, устройство и принцип работы
27. Классификация машин для скашивания и удаления растительности из каналов
28. Устройство и принцип работы косилок с сегментными и сегментно-пальцевыми режущими аппаратами
29. Устройство и принцип работы косилок с ротационным рабочим органом
30. Устройство и принцип работы машин для удаления из каналов срезанной растительности
31. Устройство и принцип работы машин для промывания и ремонта дренажей
32. Земснаряды: классификация, принцип действия и схемы работы
33. Устройство и принцип действия грунтозаборных органов

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Учебная программа

Основными задачами преподавания учебной дисциплины являются: назначение, область применения и конструкции коммунальных машин, определение рациональных параметров при выполнении рабочего процесса, подбор необходимых типов машин и их комплектов.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин как «Математика», «Физика», «Химия», «Теоретическая механика», «Механика материалов», «Гидравлика», «Детали машин». Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин, связанных с проектированием и расчетом машин, механизмов, их деталей и узлов, таких как: «Подъемно-транспортные машины», «Коммунальные машины» и др.).

В результате изучения учебной дисциплины «Строительные, дорожные и мелиоративные машины. Часть 2» студент должен:

знать:

- назначение, область применения, устройство, принцип действия машин;
- основные показатели, удельные показатели металлоемкости, энергонасыщенности;
- особенности проектирования СДМ.

уметь:

- анализировать конструкции машин и механизмов;
- проектировать машины и автоматизированные комплексы;
- использовать автоматизированные системы проектирования;
- проводить испытания машин и определять их выходные характеристики.

владеть:

- основами проектирования СДМ;
- основами безопасной эксплуатации подъемно-транспортных машин (ПТМ) и СДМ;
- методами технического диагностирования.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (креативность).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).

СЛК-6. Уметь работать в команде.

СЛК-7. Самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.

ПК-1. Работать с юридической литературой и трудовым законодательством.

ПК-6. Владеть современными средствами инфокоммуникаций.

ПК-7. Владеть методами определения технико-экономических показателей ПТМ и СДМ.

ПК-8. Владеть методами расчета энергетических, кинематических, динамических и силовых параметров ПТМ и СДМ и их проектирования.

ПК-9. Владеть методами контроля параметров машин (ПТМ и СДМ), применяемых в строительном комплексе.

ПК-10. Владеть методами диагностирования и оценки остаточного ресурса конструкций, механизмов и деталей ПТМ и СДМ.

ПК-11. Владеть методами монтажа, наладки, испытаний ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников.

ПК-12. Владеть способами оценки и уменьшения вредного влияния ПТМ и СДМ на окружающую среду.

ПК-13. Оценивать патентоспособность технических решений, проводить патентные исследования.

ПК-14. Обеспечивать при проектировании безопасность конструкций ПТМ и СДМ.

ПК-15. В составе группы специалистов по проектированию ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников или самостоятельно разрабатывать перспективный план развития отдельных машин, выполнять технико-экономическое обоснование структурной единицы машины или машины в целом.

ПК-16. Рассчитывать и проектировать ПТМ и СДМ, лифты и подъемники общего и специального назначения, работающих в условиях динамического нагружения в повторно-кратковременном режиме.

ПК-17. Применять теорию, методы расчета и режимы работы ПТМ и СДМ машин при физическом и математическом моделировании процессов.

ПК-18. Осуществлять оптимизацию параметров несущих конструкций, отдельных структурных единиц ПТМ и СДМ с целью снижения их металлоемкости и энергозатрат на изготовление и ремонт.

ПК-19 Разрабатывать техническое задание на проектируемую структурную единицу машины или машину в целом с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

ПК-20. Осуществлять авторский надзор за созданием или реконструкцией структурной единицы машины или машины в целом в пределах соответствующей компетенции.

ПК-21. Рассчитывать и анализировать надежность работы машин, агрегатов и комплекса машин с учетом их условий эксплуатации.

ПК-22. Анализировать технологичность процесса производства и ремонта ПТМ и СДМ.

ПК-23. Проводить испытания при подготовке производства, вводе ПТМ и СДМ, лифтов и подъемников в эксплуатацию, а также проводить диагностику при эксплуатации этих машин.

ПК-24. Намечать основные этапы научных исследований по производственно-технологической и ремонтно-эксплуатационной деятельности.

ПК-27. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития СДМ и ПТМ, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-28. Определять цели инноваций и способы их достижения.

ПК-29. Работать с научной, технической, патентной литературой по ПТМ и СДМ.

ПК-30. Разрабатывать бизнес-планы создания нового оборудования по ПТМ и СДМ.

ПК-31. Оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемого оборудования по ПТМ и СДМ.

ПК-32. Проводить опытно-технологические исследования для создания и внедрения нового оборудования ПТМ и СДМ, его опытно-промышленную проверку и испытания.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел I. Машины и оборудование для измельчения и сортировки каменных материалов

Тема 1.1. Теоретические основы процесса измельчения

Физико-механические свойства измельчаемых материалов. Энергоемкость процесса измельчения, основные законы. Стадийность процесса измельчения. Классификация способов и машин для измельчения материалов.

Тема 1.2. Дробилки раздавливающего действия

Классификация и область рационального использования дробилок. Устройство, принцип действия и определение основных параметров щековых, конусных и валковых дробилок.

Тема 1.3. Дробилки ударного действия

Теория ударного измельчения. Конструкция и принцип действия роторных и молотковых дробилок. Способы регулировки степени измельчения. Расчет технологических параметров дробилок ударного действия.

Тема 1.4. Барабанные мельницы

Классификация и варианты приводов барабанных мельниц. Типовые узлы и детали мельниц и их конструктивные особенности. Мелющие тела барабанных мельниц. Мельницы самоизмельчения, их особенности, перспективы использования. Определение основных параметров – оптимальной частоты вращения барабана, массы мелющих тел, мощности привода и производительности.

Тема 1.5. Машины для механической сортировки

Область применения, классификация, устройство и рабочий процесс грохотов. Расчет их основных параметров: размеры сит и их отверстий, оптимальная частота вращения вибратора, мощность привода, производительность.

Тема 1.6. Машины для воздушной сортировки

Область применения, классификация, устройство и рабочий процесс проходных, циркуляционных и центробежных классификаторов. Расчет производительности, эффективность разделения. Энергозатраты на пневматическую классификацию.

Тема 1.7. Машины для гидравлической сортировки

Область применения, классификация, устройство и рабочий процесс гидравлических классификаторов. Основы расчета. Определение границы разделения.

Тема 1.8. Дробильно-сортировочные заводы и установки

Назначение, классификация и технологические схемы стационарных, полустационарных и передвижных дробильно-сортировочных установок. Определение производительности.

Раздел II. Машины и оборудования для дозирования компонентов бетонных смесей и растворов, их приготовления и транспортирования

Тема 2.1. Дозаторы

Область применения, классификация, устройство и принцип работы объемных и весовых дозаторов циклического и непрерывного действия.

Тема 2.2. Теоретические основы процесса перемешивания

Свойства перемешиваемых материалов. Критерии качества и режимы смешения. Общий подход к определению энергозатрат на перемешивание, относительное сопротивление при движении лопасти в смеси.

Тема 2.3. Механическое перемешивание материалов

Область применения, классификация устройство и принцип работы гравитационного и принудительного действия. Расчет рабочего объема, мощности привода и производительности лопастных смесителей.

Тема 2.4. Пневматическое и пневмомеханическое перемешивание материалов

Системы аэрации. Виброгазобетономешалка, пневмомеханический гомогенизатор порошковых смесей – конструкции, принцип действия, область применения. Основы расчета пневматических аэраторов.

Тема 2.5. Машины и оборудование для транспортирования бетонов и растворов

Разновидности, устройство и принцип работы бетоно- и автобетононасосов, растворонасосов и автобетоносмесителей. Определение производительности.

Раздел III. Машины и комплексы для строительства дорожных покрытий

Тема 3.1. Установки и заводы для приготовления асфальтобетонных смесей

Технология производства асфальтобетонных смесей. Классификация установок. Основные агрегаты процесса: питания, сушильный, смесительный, пылеулавливающий. Особенности их конструкций.

Тема 3.2. Машины для постройки асфальтобетонных покрытий

Устройство и принцип работ машин для распределения битума на дороге. Машины для стабилизации местных грунтов вяжущими. Передвижные асфальтосмесители. Асфальтоукладчики. Рабочие органы для приема, распределения и укладки асфальтобетонного слоя. Определение производительности.

Тема 3.3. Машины для постройки цементобетонных покрытий

Технология строительства. Назначение, устройство и принцип работы профилировщиков оснований, распределителей смеси, бетоноукладчиков, машин для нанесения на свежееуложенное покрытие пленкообразующих материалов и нарезчиков швов.

Раздел IV. Техническое обеспечение мелиоративных работ

Тема 4.1. Машины для содержания и ремонта каналов

Основные технологические операции по содержанию и ремонту каналов. Классификация каналоочистителей и основные требования к ним. Каналоочистители непрерывного и циклического действия. Каналоочистители с комбинированными рабочими органами. Расчет основных параметров каналоочистителей с цепным и ротационным рабочим органом.

Тема 4.2. Машины для скашивания и удаления растительности из каналов

Назначение и классификация машин для скашивания и удаления растительности из каналов. Устройство и работа косилок с сегментно-пальцевыми и сегментными режущими аппаратами. Устройство и работа косилок с ротационным рабочим органом. Машины для удаления из каналов срезанной растительности.

Тема 4.3. Машины и оборудование для промывания и ремонта закрытого дренажа

Причины нарушения и способы восстановления работоспособности дренажа. Машины для промывания и ремонта дрен. Основы расчета рабочего оборудования дренопромывочных машин.

Тема 4.4. Машины для выполнения эксплуатационно-ремонтных работ способом гидромеханизации

Виды работ, машины и оборудование для их выполнения. Земснаряды: классификация, принцип действия и схемы работы. Устройство и принцип работы грунтозаборных органов.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных заданий (задач);
- выполнение чертежей, расчетно-графических работ;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение.

4.2 Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсам «Строительные, дорожные и транспортные машины», «Механизация в строительстве» для студентов специальностей 1-70 03 01 «Автомобильные дороги», 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / сост.: В. А. Скоробогатый [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Строительные и дорожные машины». - Мн.: БНТУ, 2003. - 205 с.

<http://rep.bntu.by/handle/data/840>

2. Строительные, дорожные и транспортные машины: практикум для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / сост.: А. В. Вавилов [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Строительные и дорожные машины». - Минск: БНТУ, 2017. - 88 с.

<http://rep.bntu.by/handle/data/30475>

3. Гірко, М. Д. Будаўнічыя і дарожныя машыны: вучэбна-метадычны дапаможнік для спецыяльнасці 1-36 11 01 «Пад'ёмна-транспартныя, будаўнічыя, дарожныя машыны і абсталяванне» ВНУ / М. Д. Гірко; Беларускае нацыянальнае тэхнічнае ўніверсітэт, Кафедра «Будаўнічыя і дарожныя машыны». - Мінск: БНТУ, 2006. - 179 с.

<http://rep.bntu.by/handle/data/5361>

4. Мажугин, Е. И. Машины для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов: Учебное пособие. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – 335 с.

5. Дорожно-строительные машины / А.В. Вавилов, И.И. Леонович, А.Н. Максименко, Л.С. Шкрадюк и А.М. Щемелев; под общ. ред. А.М. Щемелева. – Минск: Технопринт, 2000. – 515 с.

6. Дорожно-строительные машины и комплексы: учебник для вузов / В.И. Баловнев [и др.]; / под общ. ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд. – Москва – Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 528 с.

7. Дорожные машины в 2 ч.: учебник для вузов. Ч. 2. Машины для устройства дорожных покрытий / К.А. Артемьев, Т.В. Алексеева, В.Г. Белокрылов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1982. – 396 с.

8. Щемелев, А.М. Строительные машины и средства малой механизации / А.М. Щемелев, С.Б. Партнов, Л.И. Белоусов; под ред. А.М. Щемелева. – Минск: Дизайн Про, 1998. – 271 с.

9. Сергеев, В.П. Строительные машины и оборудование / В.Н. Сергеев. – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с.

10. Дорожные машины: теория, конструкция и расчет: учебник для вузов / Н.Я. Хархута [и др.]; под общ. ред. Н. Я. Хархуты. – Ленинград: Машиностроение, 1968. – 415 с.

11. Борщевский, А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий / А.А. Борщевский, А.С. Ильин. – М.: Высшая школа, 1987. – 368 с.

Дополнительная литература

12. Добронравов, С.С. Машины для городского строительства / С.С. Добронравов, В.Г. Дронов. – М.: Высшая школа, 1985. – 360 с.

13. Барсов, И.П. Строительные машины и оборудование / И.П. Барсов. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1986. – 511 с.