

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

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой  
«Механизация и автоматизация  
дорожно-строительного комплекса»

\_\_\_\_\_ А.В. Вавилов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета  
транспортных коммуникаций

\_\_\_\_\_ С.Е. Кравченко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**МЕХАНИЗАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

для специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»

Составитель: А.В. Вавилов

Рассмотрено и утверждено  
на заседании совета факультета  
транспортных коммуникаций  
24.12.2019 протокол № 4

## **Перечень материалов**

Учебно-методический комплекс состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: опорного конспекта лекций, тем реферативных работ и тем для самостоятельной работы, перечня лабораторных занятий, вопросов для самостоятельной проработки, и списка рекомендуемой литературы. Предложенные материалы являются теоретической основой для изучения учебной дисциплины «Механизация в строительстве» для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство».

## **Пояснительная записка**

### **Цели ЭУМК**

Целью ЭУМК является формирование у студентов знаний и практических навыков, необходимых для профессионального выполнения обязанностей инженера в области механизации на современных строительных объектах и объектах технической эксплуатации зданий и сооружений.

### **Особенности структурирования и подачи учебного материала**

ЭУМК включает теоретический раздел (опорный конспект лекций, темы реферативных работ и темы для самостоятельной работы), практический раздел (перечень тем лабораторных занятий), 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.....	4
1.1 Опорный конспект лекций.....	4
Тема 1. Введение. Классификация строительных машин .....	4
Тема 2. Логика построения строительных машин .....	6
Тема 3. Техничко-экономические показатели строительных машин. Пути обновления машинных парков .....	26
Тема 4. Транспортные, транспортирующие и погрузочно-разгрузочные машины .....	29
Тема 5. Машины для земляных работ .....	46
Тема 6. Грузоподъемные машины.....	78
Тема 7. Оборудование для свайных работ .....	85
Тема 8. Оборудование для дробления, сортировки и мойки каменных материалов, машины и оборудование для приготовления, транспортирования бетонов и растворов и уплотнения бетонной смеси .	89
Тема 9. Машины для отделочных работ.....	100
Тема 10. Ручные машины. Основы эксплуатации строительных машин	104
1.2 Темы реферативных работ .....	119
1.3 Темы для самостоятельной работы.....	120
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	121
2.1 Перечень тем лабораторных занятий.....	121
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 .....	121
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 .....	132
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 .....	139
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 .....	145
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 .....	149
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 .....	155
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 .....	161
3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ .....	175
3.1 Средства диагностики результатов учебной деятельности .....	175
3.2 Вопросы промежуточного контроля знаний.....	175
3.3 Вопросы к зачету.....	176
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	179
4.1 Учебная программа.....	179
4.2 Список рекомендуемой литературы .....	181

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Опорный конспект лекций

### Тема 1. Введение. Классификация строительных машин

1. Понятие о машинах. Классификация строительных машин.
2. Индексация строительных машин.

#### *Понятие о машинах. Классификация строительных машин*

Разнообразие возводимых строительных сооружений по конструкциям и объемам работ, а также технологических процессов, осуществляемых в процессе строительства, вызывает необходимость применения различных по своему назначению, устройству, мощности и размерам строительных машин.

*Машина* – это устройство, выполняющее полезную работу преобразуя один вид энергии в другой.

Машина состоит из механизмов, объединенных общим корпусом.

*Механизм* – это устройство для передачи и преобразования движений и скоростей, а также усилий и крутящих моментов, развиваемых двигателем.

Машина состоит из следующих основных частей: силовой установки, трансмиссии, ходового и рабочего оборудования, систем управления.

Строительные машины делятся на классы, группы (по признаку их назначения в строительстве), на типы и, (по рабочим параметрам), на типоразмеры.

По виду выполняемых работ (по технологическому признаку) строительные машины делятся на следующие классы:

грузоподъемные, транспортные, транспортирующие и погрузочно-разгрузочные, землеройные, сваебойные, дробильно-сортировочные, смесительные, машины для транспортирования бетонных смесей и растворов, бетоноукладочные, отделочные, механизированный инструмент.

Каждый из названных классов машин делится на группы. Например, грузоподъемные машины могут быть разделены на вспомогательные грузоподъемные машины (домкраты, тали, тельферы, лебедки), краны (стреловые, башенные, мостовые, козловые, кабель-краны), подъемники (мачтовые, шахтные, скиповые, автоподъемники).

Машины для земляных работ делятся на следующие группы и типы: машины для подготовительных работ (кусторезы, корчеватели, рыхлители), землеройно-транспортные (бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдер-элеваторы), землеройные (экскаваторы), оборудование для гидромеханизации (гидромониторы, земснаряды), грунтоуплотняющие машины (катки, виброуплотнительные машины, трамбовки).

Машины каждого типа в свою очередь различаются по производственной характеристике (мощности, объему ковша,

грузоподъёмности, тяговому усилию, производительности, габаритам, массе). Строительных машин различают по *типу ходового устройства* (гусеничное, пневмоколёсное, рельсоколёсное, шагающее); по *типу базовой машины* (автомобиль, трактор, тягач); по *видам двигателя или привода* (с электрическим двигателем, с двигателем внутреннего сгорания, с гидравлическим или пневматическим приводом).

Все строительные машины по *источнику потребляемой энергии* могут быть разделены на машины, работающие от собственной энергетической установки, и машины, использующие энергию, подведенную извне.

По числу рабочего оборудования строительные машины разделяют на универсальные и специальные.

### ***Индексация строительных машин***

Структура марки машины включает буквенную часть и цифровую часть.

*Буквенная часть*, состоящая из двух или трех букв, обозначает тип машины по назначению. Например, довольно широко в строительстве применяются типы машин со следующими обозначениями:

- 1) ЭТР – экскаваторы траншейные роторные, а также шнекороторные, фрезерные и двухроторные каналокопатели;
- 2) ЭТЦ – экскаваторы траншейные цепные;
- 3) МП – машины для подготовительных работ (корчеватели, кусторезы);
- 4) ДП – машины для подготовки площадей (рыхлители, корчеватели, кусторезы);
- 5) ДЗ – для землеройно-транспортных работ;
- 6) ДУ – для уплотнения грунтов, дорожных оснований и покрытий;
- 7) ТО – одноковшовые погрузчики;
- 8) СП – оборудование для погружения свай (молоты, копры и пр.);
- 9) СБ – оборудование для приготовления бетонных и растворных смесей;
- 10) СО – машины и оборудование для отделочных работ.

В строительстве также широко применяются машины таких типов как ЭО, ЕТ, ЕК, ЕW, ЕА (экскаваторы одноковшовые универсальные, гусеничные, колесные, на автомобильном шасси), КС, КБ (краны стреловые самоходные и башенные).

*Цифровая часть* содержит от одной до четырех цифр. Для одноковшового экскаватора первая цифра обозначает геометрическую вместимость ковша.

## Тема 2. Логика построения строительных машин

### 2.1 Силовое оборудование строительных машин

Силовая установка – та часть машины, которая приводит в движение механизмы машины. Она представляет собой агрегат, состоящий из двигателя и вспомогательных систем: *питания* (топливный бак, фильтры, трубопроводы), *охлаждения* (водяной насос, радиатор, трубопроводы), *управления* (рычаги управления режимом работы двигателя), *смазки*.

Строительные машины (СМ) *по признаку обеспечения их энергией* делят на две группы: машины с автономной силовой установкой – ДВС (дизельный или карбюраторный) и работающие от внешнего источника энергии, например, электроэнергии, поступающей к строительной машине по проводам, или сжатого воздуха, поступающего по пневмопроводам от компрессора.

Первая группа машин является наиболее многочисленной, благодаря мобильности и автономности.

*По числу двигателей* СМ разделяют на одномоторные и многомоторные, а также многомоторные комбинированные: дизель-электрические, дизель-гидравлические и т.д.

Недостатком одномоторного привода состоит в том, что при нем требуется большое количество трансмиссий, чтобы осуществить передачу движения отдельным механизмам.

В многомоторном приводе можно регулировать работу отдельных механизмов независимо друг от друга, значительно сократить количество трансмиссий, легче осуществить автоматизацию.

У машины с комбинированным приводом, например дизель-электрической энергетической установкой является дизель, приводящий в движение генератор переменного или постоянного тока, питающий энергией отдельные электродвигатели исполнительных механизмов.

Наибольшее применение на СМ находят поршневые ДВС. Общими признаками для ДВС являются: конструкция кривошипно-шатунного механизма; род применяемого топлива – жидкое (бензин, дизель); направление вращения коленчатого вала – правое (положение наблюдателя со стороны противоположной валу отбора мощности).

Все применяемые на СМ поршневые ДВС классифицируют по основным признакам:

*по способу осуществления газообмена* – двигатели двухтактные и четырехтактные; в двухтактных двигателях рабочий цикл осуществляется за два такта, что соответствует двум ходам поршня от одного крайнего положения до другого или одному обороту коленчатого вала. В четырехтактном двигателе рабочий цикл осуществляется за четыре хода поршня, соответствующие двум оборотам коленчатого вала (всасывание, сжатие, рабочий ход, выпуск);

*по способу наполнения рабочего цилиндра* – двигатели с естественным наполнением (наполнение обеспечивается перемещением поршня – такт «всасывание») и с наддувом от турбокомпрессора (наполнение происходит при повышенном давлении воздуха от турбокомпрессора);

*по способу смесеобразования* – двигатели с внешним и внутренним смесеобразованием. В двигателях с внешним смесеобразованием основная часть процесса образования горючей смеси происходит в дополнительном устройстве – карбюраторе, путем испарения жидкого топлива (бензина) в струе воздуха; в двигателях с внутренним смесеобразованием горючая смесь образуется внутри рабочего цилиндра путем отдельной подачи топлива (дизельного при помощи форсунок) и воздуха;

*по способу воспламенения горючей смеси* – двигатели с принудительным зажиганием (от электрической искры – степень сжатия до 10) и двигатели с самовоспламенением от сжатия (дизельные двигатели – степень сжатия около 15) – тракторные дизеля – 14...16.

*по числу и расположению цилиндров* – одно- и многоцилиндровые; рядные (вертикальное расположение цилиндров в один ряд) и V-образные (двухрядные с расположением цилиндров под углом 60, 75 или 90°);

*по способу охлаждения* – с жидкостным и воздушным охлаждением;

*по способу пуска* – с электростартером и пусковым двигателем.

ДВС обеспечивают диапазон мощности от 1,5 до 600 кВт и более.

Принципиальная схема устройства наиболее широко применяемого в строительстве дизельного четырехтактного двигателя приведена на рис. 2.1.

Для установки и крепления основных механизмов и узлов двигателя служит его остов, состоящий из картера 33, цилиндра 1. В дизельных двигателях строительных и дорожных машин устанавливается, как правило, несколько цилиндров, которые образуют блок цилиндров. Блок цилиндров отливают как одну деталь, называемую блок-картером. Сверху блок цилиндров герметически закрывается головкой блока.

В нижней части блок-картера имеются разъемные подшипники для установки коленчатого вала 32, а внутри – подшипники распределительного вала 34.

Снизу блок-картер закрывается поддоном, используемым в качестве резервуара для масла смазочной системы.

В верхней части блок-картер имеет рубашку охлаждения – пространство между наружной стенкой и стенками цилиндров, заполняемое охлаждающей жидкостью. В головке блока цилиндров имеются камеры сгорания 29, отверстия для крепления форсунок 8, гнезда для клапанов и рубашка охлаждения.

Кривошипно-шатунный механизм включает коленчатый вал 32, шатун 31, поршень 2, соединенный с шатуном поршневым пальцем, и маховик, установленный на конце коленчатого вала (на рисунке не показан).

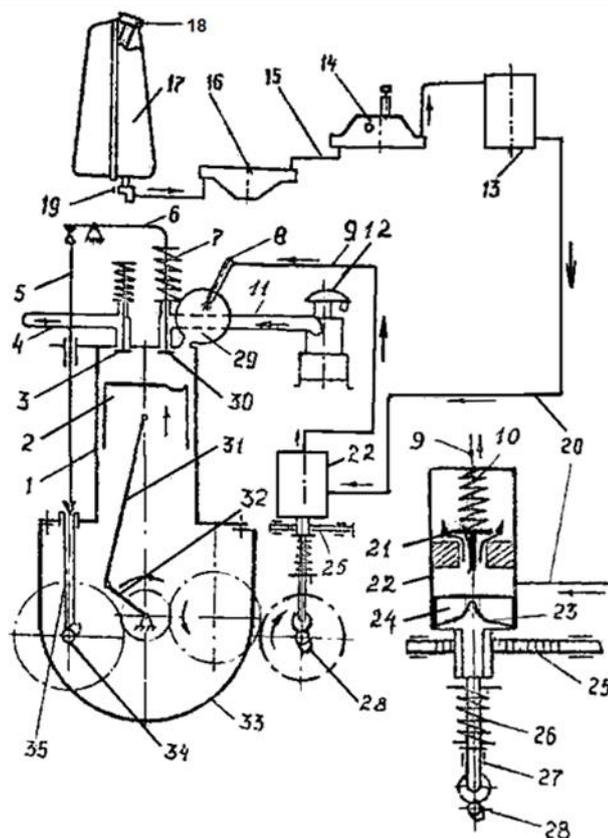


Рис. 2.1. Принципиальная схема устройства дизельного четырехтактного двигателя

В дизельных двигателях применяется газораспределительный механизм с верхними (подвесными) клапанами, расположенными в головке блока. Основными деталями газораспределительного механизма в этом случае являются: распределительный вал 34, толкатели 35, штанги 5, закрепленные на оси коромысла 6, впускные 30 и выпускные 3 клапаны, пружины 7 клапанов, шестерни привода распределительного вала.

Система питания дизеля состоит из двух частей: системы питания двигателя воздухом, предназначенной для очистки и подачи воздуха в цилиндры и топливной системы, предназначенной для подачи в цилиндры под высоким давлением и в определенный момент соответствующего нагрузке количества жидкого топлива. К системе питания двигателя воздухом относятся: воздухоочиститель 12 и впускные трубопроводы 11. Основными элементами топливной системы являются: топливный бак 17 с сетчатым фильтром 18, фильтры грубой 16 и тонкой 13 очистки топлива, подкачивающий насос 14, насос высокого давления 10, форсунки 7, трубопроводы низкого 15 и высокого 9 давления. Топливный насос высокого давления служит для подачи к форсункам дизельного топлива под высоким давлением.

Топливный насос имеет ряд секций, число которых соответствует количеству цилиндров двигателя. На рис. 1 показано устройство одной секции. Основными элементами секции топливного насоса является гильза 22,

плунжер 24 и нагнетательный клапан 21, прижимаемый к своему гнезду пружиной 10. Внутренняя поверхность гильзы 22 и наружная поверхность плунжера 24 обработаны с высокой степенью точности за счет индивидуальной притирки, что исключает возможность утечки топлива между их поверхностями. Плунжер перемещается в неподвижно закрепленной гильзе вниз пружиной 26, а вверх – кулачковым валом 28 и толкателем 27. При нижнем положении плунжера в пространство гильзы над плунжером через открытое впускное отверстие в ее боковой поверхности по трубопроводу 20 поступает топливо. Как только верхняя торцевая кромка плунжера при его движении вверх пройдет у впускного отверстия гильзы, а его боковая поверхность закроет последнее, давление топлива над плунжером резко повышается и под действием его нагнетательный клапан 21 открывается. Топливо при этом из гильзы по трубопроводу высокого давления 9 и через форсунку б подается в камеру сгорания цилиндра.

Нагнетание топлива в цилиндре будет продолжаться до тех пор, пока отсекающая кромка 23 фигурной выточки на поверхности плунжера при его движении вверх не достигнет впускного отверстия гильзы.

В этот момент топливо из пространства над плунжером через боковую прорезь и соединенную с ней выточку на плунжере начнет перетекать во впускное отверстие. Давление над плунжером при этом, несмотря на дальнейшее движение последнего вверх, упадет, что приведет к закрытию пружиной 10 клапана 21 и прекращению подачи топлива в цилиндр.

При постоянной величине полного хода плунжера 24 нагнетательный ход его, а, следовательно, и количество топлива, подаваемого в цилиндр, изменяется поворотом плунжера 24 вокруг его оси в неподвижной гильзе 22. В результате этого отсекающая кромка 23 фигурной выточки на плунжере будет раньше или позже совмещаться с выпускным отверстием гильзы при его движении вверх, а, следовательно, будет больше или меньше вытекать топлива из надплунжерного пространства во впускное отверстие и, соответственно, меньше или больше топлива, подаваться в цилиндр. Для поворота плунжеров на их нижние концы закреплены зубчатые секторы, находящиеся в зацеплении с рейкой 25 топливного насоса. Рейка 25 перемещается вручную или автоматически всережимным регулятором центробежного типа в сторону увеличения или уменьшения подачи в зависимости от нагрузки на двигатель.

Система смазки двигателя комбинированная, т.е. некоторые детали смазываются маслом, поступающим под давлением (коренные и шатунные подшипники, подшипники распределительного вала, поршневые пальцы оси коромысел, шестерни механизмов и систем), а другие разбрызгиваемым маслом.

Система охлаждения дизельных двигателей бывает жидкостной и воздушной. В первом случае отвод тепла от узлов и деталей осуществляется путем омывания блока цилиндров и головки блока охлаждающей жидкостью (чаще всего водой). Особенностью жидкостной системы охлаждения дизелей является то, что рубашка охлаждения пускового и дизельного двигателей

соединены между собой. В результате этого при работе первого происходит подогрев деталей дизеля водой, нагретой в рубашке охлаждения пускового двигателя, что ускоряет прогрев и пуск основного двигателя.

Так как в системе охлаждения большинство дизелей имеет термостат в системе охлаждения, то при температуре охлаждающей жидкости до 68–72°C последняя циркулирует по малому замкнутому кругу: насос – рубашка охлаждения головки цилиндров – рубашка охлаждения пускового двигателя – насос. При достижении охлаждающей жидкостью температуры свыше 68–72°C клапан термостата открывается и вода циркулирует по большому замкнутому кругу: насос – рубашка охлаждения блока цилиндров – рубашка охлаждения головки цилиндров – радиатор – насос. При воздушном охлаждении двигатель обдувают холодным воздухом с помощью мощного вентилятора.

Система пуска служит для пуска двигателя в работу. Для пуска дизельного двигателя используются пусковой карбюраторный двухтактный или четырехтактный двигатель, вал которого через муфту сцепления, редуктор, шестерню привода соединяется с зубчатым венцом, закрепленным на маховике коленчатого вала дизеля.

Для повышения литровой мощности в дизелях используют наддув, т. е. воздух в цилиндры подают с помощью компрессора под давлением 15–16 кПа, превышающим атмосферное. Так как увеличивается масса воздуха, поступающего в каждый цилиндр, можно увеличить и количество впрыскиваемого топлива. В этом случае при тех же размерах двигателя, частоте вращения коленчатого вала и числе цилиндров мощность его значительно увеличивается.

В характеристику двигателя входит: рабочий объем (л), номинальная мощность (кВт), частота вращения (номинальная и при максимальном крутящем моменте); максимальный крутящий момент (Нм); удельный расход топлива при номинальной мощности (г/кВтч).

### ***Электрические двигатели. Их применение на строительных машинах***

Для привода ряда строительных машин и оборудования служат электродвигатели переменного и постоянного тока. Обычно в этих приводах используют *асинхронные электродвигатели* трехфазного тока частотой 50 Гц с короткозамкнутым ротором, которые получили наибольшее распространение из-за простоты устройства. Их применяют в качестве тяговых электродвигателей в строительных машинах с легким режимом работы (длительно-непрерывный режим работы), например, для приводов конвейеров, питателей. Эти двигатели просты в управлении, но имеют недостатки: большой пусковой ток; малый пусковой момент; малую перегрузочную способность; для регулировки скорости необходимы дополнительные устройства.

При малых мощностях можно применять асинхронные короткозамкнутые электродвигатели общепромышленной серии 4А, а также 4АЕ со встроенным электромагнитным тормозом, 4АП с повышенным скольжением.

Пример обозначения двигателей серии 4А:

4А250S10У3,

где А – асинхронный двигатель; 250 – высота оси вращения; S – установочный размер по длине станины (S, M, L); 10 – число полюсов; У – климатическое исполнение (У, Т, ХЛ); 3 – категория размещения (1, 2, 3).

Для привода машин с повторно-кратковременным режимом работы и пуском под нагрузкой (строительные краны) применяют *крановые асинхронные электродвигатели* с большой перегрузочной способностью – короткозамкнутые и с фазным ротором (с контактными кольцами). Крановые электродвигатели с фазным ротором допускают регулирование скорости включением в цепь ротора элементов сопротивления (последовательное включение сопротивления в роторе уменьшает скорость его вращения, выключение сопротивления увеличивает скорость до номинальной).

Наиболее часто применяют электродвигатели трехфазного тока напряжением 220, 380 и 550 В, асинхронные, обладающие значительной перегрузочной способностью.

Специальные *крановые двигатели с короткозамкнутым ротором* серии МТК, МТКФ, МТКМ и другие наиболее просты в устройстве и управлении, надежны в эксплуатации, имеют наименьшую массу, габаритные размеры и стоимость. Недостатком их является резкое увеличение (до семи раз) тока при включении, что приводит к динамическим нагрузкам механизма. Эти двигатели рекомендуется применять только для привода лебедок с небольшим тяговым усилием и для привода вспомогательных механизмов.

*Асинхронные двигатели с фазным ротором* (контактными кольцами) серии МТ, МТФ, МТН и другие по сравнению с двигателями МТК имеют большую массу и стоимость, сложнее в устройстве и управлении. Но они позволяют регулировать скорость при подъеме (опускании) и торможении, изменять в широких пределах момент при пуске и торможении и получать требуемые ускорения, а, следовательно, и необходимую плавность пуска и торможения. Их рекомендуется применять при напряженных режимах работы, характеризующихся большими скоростями, частыми пусками и остановками.

Данные двигатели серии МТ обозначаются следующим образом, например:

МТКФ 312 – 6; МТФ 312 – 6,

где М – машина; Т – трехфазная; К – с короткозамкнутым ротором (отсутствие буквы – с фазным ротором); F или Н – класс нагревостойкости изоляции; 3 – условная величина наружного диаметра пакета статора (0 – 7); 1 – порядковый

номер серии; 2 – условная длина пакета статора (1, 2, 3); 6 – число полюсов (6; 8; 10; 6/12; 6/20; 6/24).

В условном обозначении двигателя после всех индексов, относящихся к модификации, вводят буквы и цифры, характеризующие вид климатического исполнения машины (У, УХЛ, Т) и категорию размещения (1, 2, 3).

При необходимости регулировать число оборотов в широком диапазоне применяют электродвигатели постоянного тока. Обычно их используют в комбинированных дизель-электрических приводах экскаваторов, кранов большой мощности.

В электроинструменте, к которому предъявляются жесткие требования к массе и габаритам при мощности до 0,6 кВт, применяют *встроенные асинхронные коллекторные электродвигатели* однофазного или трехфазного тока. Для более мощных ручных машин применяют асинхронные двигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором на токе нормальной (50 Гц) или повышенной частоты (200 Гц, а в перспективе 400) напряжением 220 и 36 В. Для питания этих двигателей используют преобразователи частот.

Техническая характеристика электродвигателя (металлическая пластина) показывает:

тип электродвигателя; номинальное напряжение сети; номинальный ток; номинальную мощность; частоту вращения ротора при номинальной нагрузке; коэффициент мощности и др. данные.

### ***Гидродвигатели. Их применение на строительных машинах***

Гидравлический привод в строительных машинах применяют для приведения в действие механизмов машины и их рабочих органов с сообщением им возвратно-поступательного и вращательного движений, для включения и выключения отдельных механизмов, фрикционных муфт и тормозных устройств.

К гидродвигателям сообщающим рабочему органу возвратно-поступательное движение относятся гидроцилиндры, вращательного движения – гидромоторы.

Гидромотором называется объемный гидродвигатель с неограниченным вращательным движением выходного звена. Частота вращения вала пропорциональна расходу рабочей жидкости. Выходной момент прямо пропорционален перепаду давления между напорными гидролиниями.

В строительных машинах применяются следующие основные типы гидромоторов:

*шестеренные* (ГМШ-32-3 – гидромотор шестеренный, 32 – рабочий объем 32 см<sup>3</sup>, 3 – группа давления 16 МПа; ГМШ-50-3);

*аксиально-поршневые:*

нерегулируемые 210.12.00, 310.12.00, 310.2.28.00, 310.3.56.00 (рабочие объемы 12, 28, 56, 80, 112, 160, 250 см<sup>3</sup>);

регулируемые 303.3.56.501 (28, 55, 56, 80, 107, 112, 160 см<sup>3</sup>);

*планетарные* МГП-80 (рабочие объемы 80, 125, 160, 200, 315 см<sup>3</sup>).

Кроме того, применяются насос-моторы: РМНА32/35, (63/35; 125/35; 250/35).

Гидроцилиндры могут обеспечивать только поступательное движение или возвратно-поступательное движение рабочего органа. В зависимости от этого они называются цилиндрами одностороннего или двухстороннего действия. Гидроцилиндры одностороннего действия передают движение в одном направлении, в обратном направлении движение совершается под действием внешней нагрузки от рабочего органа или возвратной пружины.

## 2.2 Трансмиссии. Редукторы

*Передачей* называется устройство, предназначенное для передачи энергии на расстояние. В зависимости от способа передачи энергии различают передачи механические, электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные. В строительных, дорожных и мелиоративных машинах наиболее распространенными являются механические и гидравлические передачи.

Механические устройства, применяемые для передачи энергии от источника к потребителю с изменением угловой скорости ( $\omega$ ) или вида движения, называют механической передачей (трансмиссией).

Применение передач вызвано тем, что:

1. Источники энергии – двигатели, работают в режиме высоких угловых скоростей, значительно отличающихся от угловых скоростей рабочей машины;

2. Изменение угловой скорости (уменьшение). Путем введения передач, позволяет повысить значения вращающих (крутящих) моментов на валах рабочей машины;

3. Часто возникает необходимость передачи энергии от одного двигателя к нескольким рабочим машинам, валы которых вращаются с неодинаковыми угловыми скоростями;

4. Двигатели обычно передают вращательное движение, а рабочие органы машин иногда требуют возвратно-поступательного, качательного, винтового и других видов движения.

В каждой передаче тело, которое передает мощность, называется ведущим, а тело, которому передается эта мощность, ведомым.

По способу передачи движения механические передачи классифицируют на передачи с непосредственным контактом тел вращения (фрикционные, зубчатые, червячные, винтовые, и передачи с гибкой связью, в которых тела вращения связаны между собой гибким звеном (ременные, цепные, канатные).

Основным параметром любой передачи является передаточное число, под которым понимают отношение угловой скорости ведущего вала (индекс 1)

передачи к угловой скорости ее ведомого вала (индекс 2) или соответствующее отношение частот вращения

$$i = \omega_1 / \omega_2 = n_1 / n_2,$$

где  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – угловые скорости ведущего и ведомого валов;

$n_1$  и  $n_2$  – частоты вращения и ведущего и ведомого валов.

При  $i > 1$  ведомый вал передачи вращается медленнее ведущего ( $n_1 > n_2$ ) – передача понижающая, или редуктор. При  $i < 1$ ,  $n_1 < n_2$  передача повышающая, или мультипликатор. В строительных машинах в большинстве случаев применяются передачи, у которых  $i > 1$ , т. е. понижающие.

На рисунках 2.2 и 2.3 представлены разновидности ременных, зубчатых передач и червячной.

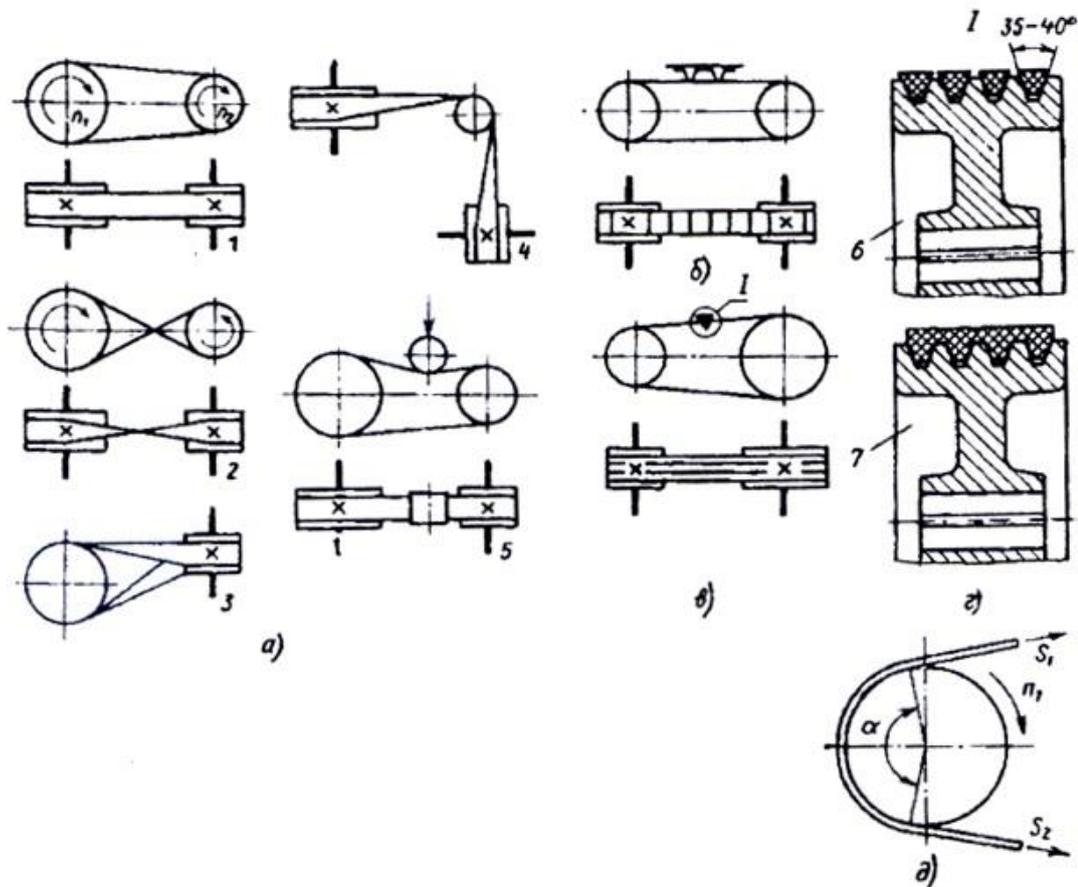


Рис. 2.2. Ременные передачи:

а – плоскоременная; б – с зубчатым ремнем; в, г – клиноременная; д – схема охвата шкива ремнем; 1 – открытая; 2 – перекрестная; 3 – полуперекрестная; 4 – угловая; 5 – с натяжным роликом; 6 – с клиновыми ремнями; 7 – с поликлиновым ремнем

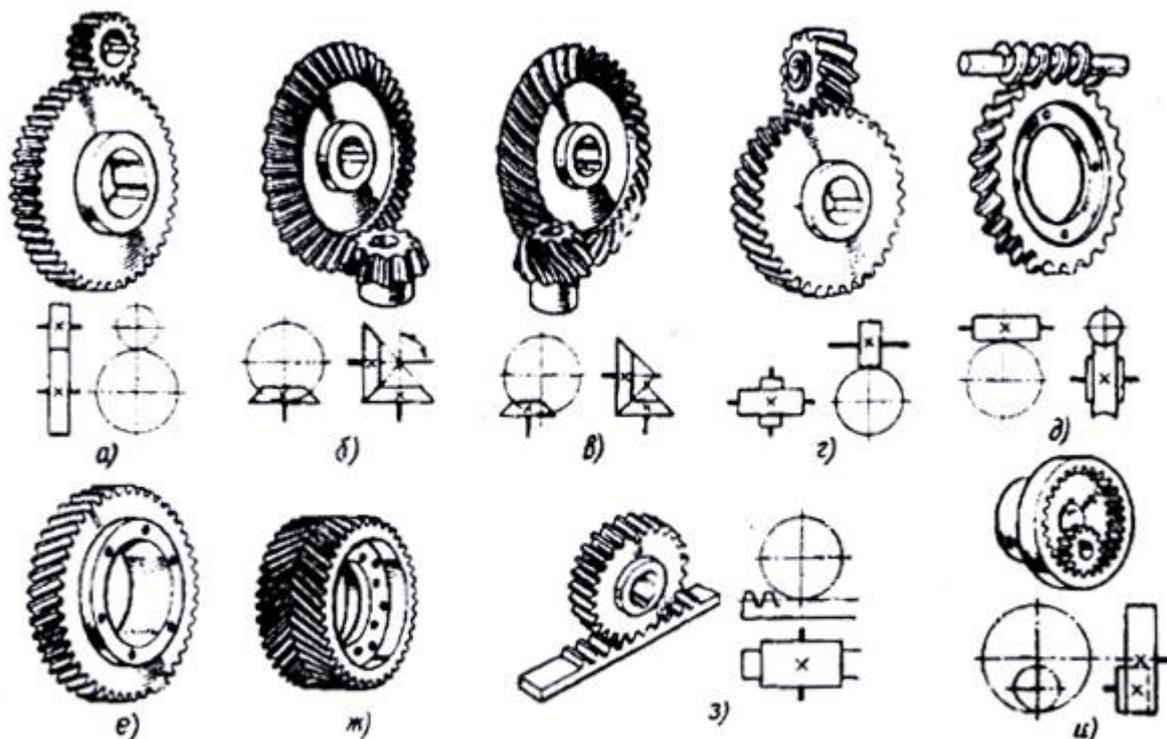


Рис. 2.3. Виды зубчатых передач и их элементы:  
 а – цилиндрическая; б – коническая; в – гипоидная; г – винтовая; д – червячная;  
 е – косозубое зубчатое колесо; ж – шевронное зубчатое колесо; з – реечная;  
 и – с внутренним зацеплением

*Зубчатая передача* – это механизм, который с помощью зубчатого зацепления передает или преобразует движение с изменением угловых скоростей и моментов. Зубчатые передачи применяют для преобразования и передачи вращательного движения между валами с параллельными, пересекающимися и перекрещивающимися осями, а также для преобразования вращательного движения в поступательное, и наоборот.

Зубчатые передачи между параллельными валами осуществляются цилиндрическими колесами с прямыми, косыми и шевронными зубьями. Передачи между валами с пересекающимися осями осуществляется обычно коническими колесами с прямыми и круговыми зубьями. Для валов со скрещивающимися осями применяют винтовые передачи. Зубчатые передачи для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот осуществляются цилиндрическим колесом и рейкой. В зависимости от взаимного расположения колес зубчатые передачи бывают внешнего и внутреннего зацепления. В первом случае зубчатые колеса вращаются в противоположные стороны, а во втором – в одну и ту же.

В зависимости от конструктивного исполнения различают открытые и закрытые передачи. В открытых передачах зубья колес работают в сухую или периодически смазываются пластичным смазочным материалом и не защищены от влияния внешней среды. Закрытые передачи помещаются в пыле- и влагонепроницаемые корпуса (картеры) и работают в масляной ванне.

Основными преимуществами зубчатых передач являются:

- -высокая нагрузочная способность;
- -малые габариты;
- -большая долговечность и надежность;
- -высокий к. п. д. (до 0,97...0,98) в одной ступени;
- - возможность применения в широком диапазоне скоростей (до 150 м/с) и мощностей (до 50000 кВт) и передаточных чисел (до нескольких сотен в многоступенчатой передаче).

К недостаткам зубчатых передач могут быть отнесены требования высокой точности изготовления и шум при работе со значительными скоростями.

Основным параметром зубчатого зацепления является величина, называемая модулем зацепления. Измеряется модуль в миллиметрах

$$m = t/\pi,$$

где  $t$  – шаг зацепления, мм.

Значение модуля принимается по ГОСТу.

Диаметр начальной (делительной) окружности (мм)

$$d_1 = m z,$$

где  $z$  – число зубьев зубчатого колеса.

Высота зуба (мм)

$$h = 2,25 m,$$

$$i = \omega_1/\omega_2 = n_1/n_2 = d_2/d_1 = z_2/z_1.$$

Передаточное число обычных зубчатых передач с неподвижными осями колес может достигать  $i = 6...8$  в одной ступени.

Кроме обычных зубчатых передач с неподвижными осями колес в строительных машинах находят применение передачи с перемещающимися осями колес – *планетарные*.

Наиболее распространенная простейшая однорядная планетарная передача состоит из центрального колеса с наружными зубьями, неподвижного центрального (коленчатого) колеса с внутренними зубьями и водила, на котором закреплены оси планетарных колес или сателлитов.

Сателлиты обкатываются по центральным колесам и вращаются вокруг своих осей, т. е. совершают движение, подобное движению планет. Водило вместе с сателлитами вращается вокруг центральной оси.

*Червячные передачи* передают вращение между перекрещивающимися осями и относятся к зубчато-винтовым передачам. Они состоят из винта – червяка с трапецидальной резьбой и косозубого червячного колеса с зубьями

особой формы, получаемой в результате взаимного огибания с витками червяка.

В строительных машинах червячные передачи применяются с числом заходов червяка соответственно 4...1. При этом КПД  $\eta$  0,9...0,65. Для повышения КПД червячной пары за счет снижения трения зубья колеса делают из антифрикционного материала – качественной бронзы (иногда при малой скорости скольжения – из серого чугуна), а витки червяка закаливают и шлифуют.

*Цепные передачи* относятся к передачам зацеплением с гибкой связью и предназначены для передачи движения между двумя или несколькими параллельными валами при достаточно большом расстоянии между ними.

В строительных, дорожных и транспортирующих машинах цепные передачи применяются как для приводов рабочих органов (колес, барабанов и т. д.) так и в качестве тяговых цепей и рабочих органов землеройных машин.

Передача механической энергии осуществляемая гибкой связью посредством сил трения между ремнем и шкивом (кроме зубчато-ременной), называется *ременной*.

Ременная передача состоит из двух или большего числа шкивов и бесконечного ремня, надетого на шкивы с натяжением.

По форме ремней передача может быть плоскоремная, клиноремная; круглоремная; поликлиновая, зубчато-ременная.

Наиболее часто ременные передачи используются для передачи движения от двигателя к насосам, вентиляторам, транспортерам и т.д.

Зубчатые и червячные колеса, шкивы, звездочки и другие вращающиеся детали машин устанавливают на валах и осях.

*Муфты* – устройства, служащие для соединения концов валов, стержней, труб, электрических проводов и т. д.

В механических передачах муфты служат для соединения валов, и передачи вращающего момента (без изменения его значения и направления) от одного вала к другому. При этом они могут выполнять ряд других ответственных функций, а именно: компенсировать смещение осей соединяемых валов; амортизировать возникающие при работе вибрации и удары; предохранять механизм от поломки и т. д.

Муфты разделяются на:

- неуправляемые (глухие, упругие, жесткие);
- управляемые (кулачковые, фрикционные);
- самоуправляемые (автоматические) – центробежные, обгонные, предохранительные.

Муфты подбираются по назначению и величине вращающего момента, который необходимо передать

$$T_m = KT_n$$

где  $K$  – коэффициент режима работы,  $K = 1,25...2$ ;

$T_n$  – вращающий момент, который передают соединяемые валы.

*Редуктор* – это механизм, который включает зубчатые или червячные передачи, выполнен в виде отдельной сборочной единицы и предназначен для увеличения вращающего момента и снижения угловой скорости на выходном валу.

В гидравлических передачах энергия, подводимая от двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя посредством различных устройств, превращается в энергию движущейся жидкости, которая затем расходуется на приведение в движение машин и механизмов.

Преимущества гидравлических передач по отношению к механическим:

- создание больших передаточных отношений между энергетической установкой и исполнительными органами машины;
- удобство управления при небольшой затрате мускульной энергии оператора;
- простота кинематических устройств для преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот;
- возможность легкого подвода энергии от насоса к любому исполнительному органу машины;
- возможность широкой стандартизации и унификации сборочных единиц гидропривода;
- небольшие масса и габариты гидропривода по сравнению с другими системами приводов при одинаковой мощности.

Надежность работы гидросистемы зависит от чистоты рабочей жидкости (масла), соответствия ее сорта проектному, хорошего состояния фильтров и уплотнений трубопроводов, вращающихся соединений, гидрораспределителей и т.д.

Гидравлические передачи по принципу действия разделяются на объемные и гидродинамические.

*Гидрообъемная передача* – это совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение исполнительных механизмов и машин посредством жидкости под давлением. В состав гидрообъемной передачи входят насосы, гидродвигатели (гидроцилиндры, гидромоторы), регулирующие устройства (дрессели, клапаны, делители потока и др.), фильтры для очистки рабочей жидкости, баки, гидролинии и др. Насосы и гидромоторы могут быть как регулируемые, так и нерегулируемые.

В гидроприводе современных строительных машин применяют следующие типы гидронасосов: аксиально-поршневые; радиально-поршневые и поршневые эксцентриковые. Большинство конструкций гидронасосов являются обратимыми, т. е. могут служить и гидромоторами при подаче в их полость потока рабочей жидкости.

*Шестеренные гидронасосы* (НШ-10, НШ-32 и т.д.) изготавливают для рабочих давлений 10, 16, 20 МПа с расходом рабочей жидкости 40...500 л/мин (плакат). В обозначении указывается: **НШ-10** – насос шестеренный, 10 –

рабочий объем (см<sup>3</sup>), подача за 1 оборот приводного вала. Выпускаются НШ правого и левого вращения (*указано на корпусе насоса*).

Примеры обозначения: **НШ-32-2** – 2 – давление 10 МПа, (3–16 МПа, 4–20 МПа), **НШ-10-10-2** – насос в сдвоенном исполнении.

*Аксиально-поршневые гидронасосы* в гидроприводах строительных машин находят наиболее широкое применение. Различают два вида аксиально-поршневых гидронасосов – нерегулируемые и регулируемые по производительности.

Изготавливают аксиально-поршневые гидронасосы с рабочим давлением 16...35 МПа, расходом рабочей жидкости 32...400 л/мин.

При этом КПД этих насосов составляет 0,97...0,98.

Пример обозначения: 210.12.12; 210.16.12 – нерегулируемый аксиально-поршневой гидронасос, обратимый, с наклонным блоком ( $P = 16...30$  МПа).

207 – регулируемый; 223 – сдвоенный с регулятором мощности. 12, 16, 20, 25, 32 – диаметр поршня качающегося наклонного блока в мм.

Третья группа цифр – исполнение насоса или гидромотора: 11 – насос-гидромотор, 12 – насос; 13 – гидромотор. (Другое обозначение аксиально-поршневых насосов: **НПА 4/32, НПА 32/32** → аксиально-поршневой насос с наклонным диском. 4/32, 32/32 –  $Q$  (см<sup>3</sup>/об)  $P$ (МПа)).

*Гидромоторы планетарные* **МГП80, МГП100** (125, 160, 200, 315).

*Гидромоторы шестеренные* **ГМШ-10ЕЗ, ГМШ-32АЗ.**

*Насосы-моторы шестеренные* **НМШ-25/25А, НМШ-50/50А.**

*Распределители* – служат для управления основными силовыми цилиндрами и вспомогательными механизмами машин, автоматического направления потоков жидкости и для предохранения гидросистем от перегрузок. Их выполняют секционными и моноблочными.

Пример обозначения: **Р80 3/1-222, Р80 3/4-222, РСР 25.25-20.3-01-07-10.4-06-01-30, Р160 3/1-111, ГРС-20-04, РСМ12-16, ВЕ10.44Г12.**

Рабочие органы машины, совершающие поступательное движение, приводятся в движение *гидравлическими цилиндрами* (гидротолкателями), обеспечивающими под воздействием рабочей жидкости, нагнетаемой под давлением, только поступательное или возвратно-поступательное движение. В зависимости от этого они называются цилиндрами одностороннего или двухстороннего действия. Гидроцилиндры одностороннего действия передают движение только в одном (рабочем) направлении. В обратном направлении движение осуществляется под действием собственной массы плунжера и др. частей или под внешним воздействием (пружины). Гидроцилиндры двухстороннего действия сообщают рабочему органу движение в прямом и обратном направлениях.

В обозначение гидроцилиндров входит диаметр поршня и ход штока: **ЦГ-160.80×560.31-01** - диаметр 160 мм, ход поршня – 560 мм.

*Разрывные муфты* – служат для предохранения шлангов от разрушения при случайных рывках.

Пример обозначения: **Н.036.50.000, Н.036.52.000** ( $S = 32, M27 \times 1,5$ ).

*Дроссели* – служат для установки и поддержания заданного расхода рабочей жидкости в напорной или сливной магистрали в зависимости от периода давления.

*Гидрообъемные передачи* подразделяются на передачи с разомкнутой и замкнутой циркуляцией рабочей жидкости.

Гидравлический привод с разомкнутой циркуляцией характеризуется тем, что в нем рабочая жидкость после срабатывания в гидромоторе или силовом цилиндре подается в бак, находящийся под атмосферным давлением. В гидравлическом приводе с замкнутой циркуляцией рабочая жидкость после срабатывания возвращается в насос. В этом приводе всегда циркулирует практически один и тот же объем жидкости (за исключением утечек через различные неплотности). В гидравлическом приводе этого типа обязательно наличие, помимо основного, еще одного насоса для компенсации утечек.

Достоинства такого гидравлического привода: защищенность его от попадания загрязнений в рабочую жидкость, уменьшение объема рабочей жидкости, заправляемой в гидросистему, улучшение условий работы при низких температурах.

Недостатки замкнутой системы – необходимость применения системы подпитки, теплообменного аппарата для предотвращения перегрева рабочей жидкости, применение только гидромоторов или гидроцилиндров с двухсторонними штоками в качестве гидродвигателей.

В объемном гидравлическом приводе применяются шестеренные, поршневые и роторные насосы. Поршневые и роторные насосы могут быть регулируемы. В качестве гидродвигателей могут быть применены те же насосы.

В приводах строительных машин начинают применять гидромоторы, которые могут быть встроены в ведущие колеса мобильных машин или в привод рабочих органов.

*Гидродинамические передачи* подразделяются на гидромуфты и гидротрансформаторы.

Первые передают энергию от двигателя без изменения величины вращающего момента, вторые могут изменять его величину, в том числе в отдельных случаях и по знаку (направлению).

Гидромуфты состоят из расположенных в общем кожухе соосно и предельно сближенных насосного и турбинного колес.

В гидротрансформаторе между насосным и турбинным колесами установлено еще неподвижное, соединенное с корпусом колесо реактора. В гидротрансформаторах возможна установка 1...2 колес турбин и 1...2 колес реактора.

Корпус гидромуфты и гидротрансформатора заполняется рабочей жидкостью – минеральным маслом. При вращении рабочего колеса насоса, соединенного с двигателем, жидкость движется от центра к периферии и, приобретя запас кинетической энергии, поступает на лопатки турбинного колеса.

В турбинном колесе жидкость движется от периферии к центру, при этом энергия той же жидкости преобразуется в механическую энергию вращения турбинного колеса, затем жидкость вновь поступает на лопатки насосного колеса.

В гидротрансформаторах поток жидкости на своем пути проходит через лопатки реактора, который может быть установлен после насоса перед входом на турбину или после турбины перед входом в насос.

Лопастни колеса реактора в зависимости от конструкции могут изменять направление потока жидкости или его скорость. При этом давление потока на лопастях турбинного колеса также будет меняться, это приведет к изменению вращающего момента, передаваемого гидротрансформатором.

### **2.3 Ходовое оборудование и системы управления**

Ходовое оборудование (ХО) строительной машины служит для передачи силы тяжести машины и внешних нагрузок на грунт и обеспечивает перемещение машины по грунту, дорогам или рельсам. У многих видов строительных машин (ЗТМ, многоковшовых экскаваторов, передвижных кранов и др.) ходовое оборудование участвует непосредственно в рабочем процессе, обеспечивая при этом дополнительные тяговые усилия.

В строительных машинах применяют следующие ходовые устройства: пневмокошесное и рельсокошесное, гусеничное, шагающее.

Ходовое оборудование состоит из движителя и подвески.

Движителем называют элементы ходового устройства, передающие на основание (рельсы, грунт, дорожное покрытие) внешние нагрузки и силу тяжести машины, находящиеся в сцеплении с основанием и сообщающие движение машине.

Подвеской называется комплект деталей, соединяющих движитель с опорной рамой машины. Тихоходные машины имеют жесткое или полужесткое подвесное устройство, а быстроходные – упругую подвеску в виде рессор или пружин.

При жесткой подвеске между корпусом машины и колесами или гусеницами, рессоры (пружины) не устанавливаются.

При полужесткой подвеске части корпуса подрессорена, остальная часть опирается на ходовое устройство. Машины с такими подвесками могут передвигаться со скоростями более 25 км/ч. Рекомендуется такое ХО для передвижения по мягким грунтам.

При упругой подвеске корпус машины соединяется с ходовой частью через упругие элементы. Упругие элементы подвески могут быть индивидуальными и балансирными; разделяются на подвески торсионные, с винтовыми пружинами (витые пружины) и листовыми рессорами.

В конструкции упругих подвесок вводятся амортизаторы, предназначенные для гашения колебаний корпуса машины, а также стабилизаторы, выключатели подвесок и подрессорники.

Стабилизаторы предназначены для выравнивания деформаций рессор, что необходимо для избежания крена машины.

Гусеничный ход применяют в машинах, которые передвигаются по местностям, не имеющим дорог, или по грунтовым дорогам, а также для обеспечения большого тягового усилия. Гусеничное ХО может быть двух- и многогусеничным. Наиболее широко применяется 2-х гусеничное ХО.

Движитель гусеничного хода состоит из двух бесконечных гусеничных лент (цепей), образуемых из шарнирно-связанных между собой отдельных плоских звеньев (пластин, траков). Движение к ведущей звездочке передается от двигателя через трансмиссию, либо непосредственно при помощи мотор-редуктора с гидроприводом. Натяжение гусеничной ленты достигается перемещением натяжной звездочки в пазах балок с помощью натяжного винта. Нагрузка от машины передается на нижнюю ветвь гусеничной ленты с помощью опорных роликов. Движение гусеничного хода по кривой осуществляется притормаживанием одной из гусениц или вращением гусениц в противоположные стороны.

Гусеничные ленты могут быть нормальной ширины ( $B=600$  мм), уширенные (до  $900\dots 1200$  мм) и удлиненные.

Достоинства: благодаря большой опорной поверхности гусеничный ход может обеспечить небольшие удельные давления на грунт

$P_{уд} = 0,04\dots 0,1$  МПа (для уширенных болотных до  $0,025$  МПа).

Коэффициент сцепления гусеницы с грунтом достигает  $1,0$  и выше, поэтому гусеничные машины могут развивать тяговое усилие, значительно большее, чем пневмоколесные.

Недостатки:

- малая скорость перемещения;
- недопустимость перемещения тяжелых машин по дорогам с усовершенствованным покрытием (особенно с грунтозацепами) и необходимость в этом случае перевозки машины на специальных транспортных прицепах-тяжеловозах (трейлерах);
- значительная масса (до  $35\dots 40\%$  от всей массы машины);
- недолговечность;
- низкие КПД и скорости передвижения.

Разработаны (в том числе на МТЗ) тракторы с резинометаллическими гусеницами. Такие гусеницы имеют меньшую массу, лучшую приспособляемость к грунтовым условиям и проходимость машины, не нарушают дерновый покров.

Пневмоколесный ход применяют в строительных машинах высокой маневренности, предназначенных для передвижения по шоссейным дорогам с твердым покрытием (плакат-автогрейдер, экскаватор, автокран). Транспортная скорость до  $40\dots 60$  км/ч.

Пневмоколесный ход выполняется либо двухосным, либо многоосным (2, 3, 4 и т.д.); бывает с одной ведущей осью или с несколькими.

Важной характеристикой колесных машин является колесная формула, состоящая из двух цифр: первая, обозначает число всех колес, вторая число приводных. Наибольшее распространение получили машины с колесными формулами 4×2, 4×4, 6×4, 6×6 и т.д. С ростом числа приводных колес в ходовом устройстве улучшается проходимость и тяговые качества машины, но усложняется механизм привода передвижения.

Свойства пневмоколесного ходового оборудования в значительной степени зависят от конструкции шин. На машине, как правило, устанавливают шины одного типоразмера, поэтому часто на наиболее нагруженные оси устанавливают сдвоенные колеса. Для улучшения проходимости используют шины большего диаметра, широкопрофильные и арочные. При этом проходимость улучшается за счет большей опорной поверхности и развитым грунтозацепам.

Находит применение регулирование давления воздуха в шинах непосредственно из кабины оператора. Это дает возможность улучшить проходимость машины и увеличить срок службы шины.

Пневмоколесное ходовое оборудование строительных машин может иметь механический, электрический, комбинированный привод (плакаты, примеры).

Рельсоколесное ходовое оборудование обеспечивает низкое сопротивление передвижению, восприятие больших нагрузок, простоту конструкции и невысокую стоимость, достаточную долговечность и надежность. Жесткие рельсовые направляющие и основания обеспечивают возможность высокой точности работы машины.

Недостатки:

- малая маневренность;
- сложность перебазирования на новые участки работы;
- дополнительные затраты на устройство и эксплуатацию рельсовых путей.

Применяется в башенных, мостовых, козловых, железнодорожных кранах и некоторых других машинах.

Шагающее ходовое оборудование применяют на машинах значительной массы, когда другие виды ХО не обеспечивают расчетные удельные давления на грунт. Механизмы шагания могут быть механические (кривошипные) и гидравлические.

В систему управления (СУ) машинами входят приборы и устройства, с помощью которых осуществляется:

- пуск, останов;
- изменение скоростей двигателей и механизмов машин;
- изменение направления движения машины и ее рабочих органов.

Для удобства управления машиной и улучшения условий работы оператора пульта управления на всех мобильных строительных машинах размещают, как правило, в специальных кабинах.

Системы управления существенно влияют на производительность машины и утомляемость оператора. Поэтому к ним предъявляют эргономические и др. требования.

СУ должны обеспечивать:

- надежное и быстрое приведение в действие рабочих органов, механизмов передвижения, плавность их включения и выключения, безопасность, легкость и удобство работы оператора;
- минимальное количество рукоятей, педалей и кнопок управления;
- положение рычагов управления машиной должно давать оператору представление о направлениях движения рабочих органов;
- простоту, надежность и минимальное количество регулировок.

Системы управления классифицируются:

1. по назначению – системы управления тормозами, муфтами, двигателями, положением рабочего органа;
2. по способу передачи энергии – механические, электрические, гидравлические, пневматические, комбинированные;
3. по степени автоматизации – не автоматизированные, автоматизированные (полуавтоматические) и полностью автоматизированные.

Неавтоматизированные СУ могут быть непосредственного действия (ручное управление) или с усилителем (с сервоприводом).

В первом случае оператор управляет только за счет своей мускульной энергии, прикладываемой к рычагам и педалям, во втором – для воздействия на объект управления используют дополнительные (электрический, гидравлический или пневматический) источник энергии. Роль оператора сводится лишь к включению и выключению элементов привода системы управления (например, включение стартера двигателя, включение двигателей механизмов кранов и т. д.).

В полуавтоматических СУ автоматизированы только отдельные элементы (например, система управления бульдозерным оборудованием, которая снабжена устройством, обеспечивающим постоянство положения рабочей кромки отвала и его прямолинейное перемещение по заданным отметкам независимо от неровностей поверхности, по которой перемещается бульдозер; поддержание заданного уклона дна при рытье траншей траншекопателем и т. д.).

В полностью автоматизированной СУ оператор лишь подает сигналы о начале или окончании работы, а также настройке системы на определенную программу управления рабочим процессом машины. (Примером может служить бетоносмесительный комплекс, у которого все операции по дозированию компонентов, их транспортировка в смеситель, перемешивание и выдача смеси происходят автоматически, по заданной программе. Или автоматическая линия по сборке кузовов машин с использованием роботов и манипуляторов).

СУ непосредственного действия применяют при небольших мощностях машины.

Управление с гидроприводом имеет значительные преимущества перед СУ с механическим приводом. Главными из них являются возможность и простота подвода энергии к любому исполнительному органу управления независимо от его пространственного положения в машине.

К недостаткам гидравлических СУ относят быстрое нарастание давлений рабочей жидкости (0,1...0,2 с) в исполнительных органах и, как следствие, резкое их включение и возникновение динамических нагрузок в элементах конструкции. Этот недостаток устраняется в пневматических системах управления. Давление воздуха в таких системах составляет 0,7...0,8 МПа (по сравнению, в гидравлических системах до 40 МПа). Вследствие сжимаемости воздуха и установки дросселей время нарастания давления в исполнительных органах может легко регулироваться в необходимых оптимальных пределах.

Одним из важных этапов при любом строительстве является проведение земляных работ. Формирование земляного полотна по заданному проекту, а также возведение насыпей требует многократного проходов грейдера или бульдозера для достижения желаемого результата. Постоянные недоработки, переделки и геодезический контроль качества влекут за собой задержки в выполнении работ, дополнительный расход ГСМ и, соответственно, издержки производства.

Для автоматизации проведения земляных работ на строительную технику устанавливается дополнительное оборудование – системы автоматического управления.

В результате применения систем автоматического управления (САУ) экономятся время, топливо, материалы и сокращается численность персонала на строительном объекте.

Наибольшее распространение получили автоматические системы высотной и угловой стабилизации положения рабочего органа машины, к которым относятся «Профиль-10», «Профиль-20», «Профиль-30» и др. Такими системами автоматики оборудуют асфальтоукладчики, свыше автогрейдеры, значительную часть скреперов и др.

По принципу работы автоматические системы подразделяются на: копирные; автономные; комбинированные.

В *копирных* системах требуемое высотное положение рабочего органа определяется направляющей (механической – копирный трос, ранее созданный слой, бордюрный камень, или лазерной), при этом датчик системы (механический или ультразвуковой при механической направляющей и лазерный приемник при лазерной направляющей), устанавливаемый на машине, следует за копиром и контролирует текущее положение рабочего органа.

В *автономных* системах контроль органа относительно гравитационной вертикали осуществляется посредством бортового (как правило,

маятникового) датчика. Такой способ управления не требует сооружения специальных направляющих на местности.

В *комбинированных* системах используются сразу два отмеченных выше метода управления. В последнее время все более широкое применение в дорожном и мелиоративном строительстве в качестве планировочных машин находят бульдозеры, оснащенные системами управления рабочим органом «Копир-Автоплан-10» и «Комбиплан-10» (ДЗ-109Б-1, ДЗ-110В-1). Данные системы унифицированы с системой «Профиль-30».

При планировании земляной поверхности под заданную отметку необходимо управлять не только высотным положением режущей кромки ковша скрепера, но и перемещением его задней стенки при подсыпке и разгрузке грунта. В этих целях применяют систему «Копир-Стабилоплан-10».

На машинах для земляных работ зарубежных производителей (Caterpillar, Liebherr, Komatsu и др.) широко применяется САУ американской корпорации Trimble Navigation Limited – TrimbleBladePro, Trimble GCS 400 (600) – автогрейдеры и бульдозеры, ScreedPro – асфальтоукладчики, одноковшовые экскаваторы.

Применение в качестве копирных устройств системы автоматизации машин лазерных направляющих обеспечивает возможность круглосуточного эффективного использования землеройно-транспортной и дорожной техники, повышение ее эффективности и качества производимых работ.

### **Тема 3. Техничко-экономические показатели строительных машин. Пути обновления машинных парков**

*Производительность машины* – это количество продукции (выраженное в массе, объеме или штуках), вырабатываемой (перерабатываемой) за единицу времени (час, смену, месяц, год). Различают производительность: теоретическую (расчетную, конструктивную), техническую и эксплуатационную.

*Теоретическая производительность* – это максимально возможное количество продукции, вырабатываемой за единицу времени непрерывной работы при расчетных скоростях рабочих движений и нагрузках.

Для машин циклического действия теоретическая часовая производительность:

$$P_T = q n = (60 q)/t_{\text{ц}},$$

где  $q$  – количество продукции, вырабатываемой за один рабочий цикл м<sup>3</sup>, км, м<sup>2</sup> и др.;

$n$  – число циклов, выполняемых машиной в 1 мин,  $n = 60/t_{\text{ц}}$ ;

$t_{\text{ц}}$  – продолжительность цикла, с.

Для машин непрерывного действия теоретическая часовая производительность:

$$P_T = 3600 q v,$$

где  $q$  – количество материала, размещающегося на 1 м длины потока продукции, (кг, м<sup>3</sup>, шт);

$v$  – скорость потока продукции, (м/с).

Для машин непрерывного действия, осуществляющих рабочий процесс порционно:

$$P_T = (3600 q v)/a,$$

где  $a$  – шаг между отдельными порциями (ковшами, скребками, штучным грузом).

*Техническая производительность* – это количество продукции, вырабатываемой за единицу времени непрерывной работы машины непосредственно в конкретных производственных условиях при правильно выбранных режимах работы и нагрузках на рабочие органы.

При определении технической производительности определенной машины, например, одноковшового экскаватора, учитывается группа разрабатываемого грунта, высота забоя, угол поворота стрелы с ковшом, вид работы – в отвал или на транспортные средства, коэффициент заполнения ковша и другие факторы. Поскольку все перечисленные факторы могут иметь различные значения, то и техническая производительность машины при различных условиях будет изменяться.

Для машин циклического действия (например, одноковшовых экскаваторов) часовую техническую производительность определяют по формуле:

$$P_{\text{тех}} = 60 q n K,$$

где  $q$  – грузоподъемность крана;

$n$  – число рабочих циклов в минуту;

$K$  – коэффициент, учитывающий реальные условия работы.

$$K = K_H / K_p,$$

где  $K_H$  – коэффициент наполнения ковша;

$$K_H = V_K / V_{\text{геом}};$$

$V_K$  – объем материала в ковше;

$V_{\text{геом}}$  – геометрическая вместимость ковша;

$K_p$  – коэффициент разрыхления грунта.

Для машин непрерывного действия часовую техническую производительность определяют по формуле:

$$P_{\text{тех}} = 3600 q v k_y,$$

где  $q$  – масса груза, кг, или объем,  $\text{м}^3$ , приходящийся на 1 м длины несущего органа машины;

$v$  – линейная скорость движения рабочего органа, м/с;

$k_y$  – коэффициент, учитывающий конкретные условия работы.

Эксплуатационная производительность – это количество продукции, вырабатываемой в единицу времени с учетом всех перерывов в работе, вызываемых требованиями эксплуатации, условиями труда работающих и организационными причинами:

$$P_{\text{экс}} = P_{\text{тех}} k_{\text{в}},$$

где  $k_{\text{в}}$  – коэффициент использования машины по времени;

$k_{\text{в}} = 0,7 \dots 0,8$  – для машин циклического действия;

$k_{\text{в}} = 0,85 \dots 0,90$  – для машин непрерывного действия.

Сменную или годовую эксплуатационную производительность машины определяют на основании данных режима работы машины и ее среднечасовой эксплуатационной производительности:

$$P_{\text{экс год}} = P_{\text{экс}} T,$$

где  $T$  – число часов работы машины в течение смены или года.

Техническая производительность показывает, какие возможности заложены в машине, а эксплуатационная – как эти возможности используются. Отношение второй производительности к первой определяется коэффициентом использования машины по времени.

Производительность зависит от надежности машины, от количества времени, потраченного на плановые и внеплановые работы по уходу и ремонту. Очевидно, что машина, обладающая большой технической производительностью, но часто выходящая из строя по техническим причинам и требующая продолжительных по времени технических уходов, то есть с низкой надежностью, хуже надежной машины, имеющей несколько меньшую производительность.

Основным показателем машины, а также деятельности строительной организации, служит стоимость единицы готовой продукции. Кроме него, немаловажное значение имеют и такие показатели как: затраты рабочей силы на единицу продукции (выработка на одного рабочего), расход энергии на выполнение работы и металла на изготовление машины (энерго- и металлоемкость), количество рабочих часов, затраченных на изготовление машины.

Для сравнения двух машин одинакового назначения используют следующие показатели:

- выработка на одного рабочего  $P_{\text{уд}}$ :

$$P_{\text{уд}} = P_{\text{экс}}/N, \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{чел},$$

где  $N$  – число рабочих обслуживающих машину в течении часа.

- удельная материалоемкость  $m_{уд}$ :

$$m_{уд} = m/P_{экс}, \text{ кг ч/м}^3,$$

где  $m$  – масса машины.

- удельная энергоёмкость  $P_{уд}$ :

$$P_{уд} = P/P_{экс}, \text{ кВт·ч/м}^3,$$

где  $P$  – мощность силового оборудования.

#### **Тема 4. Транспортные, транспортирующие и погрузочно-разгрузочные машины**

1. Классификация тракторов. Основные модели тракторов, применяемых в качестве базовых для строительных машин.
2. Основные модели автомобилей, применяемых в качестве базовых для строительных машин, их устройство и основные параметры.
3. Основы тягового расчета строительных машин.

К транспортным машинам относят тракторы, автомобили и тягачи.

Тракторы широко используются в строительном производстве в качестве базовых машин для различного, стационарного или сменного, навесного рабочего оборудования. Тракторы также используются как тягачи к прицепах.

Выпускаются тракторы на пневмоколесном или гусеничном ходовом устройстве. Конструктивно, каждый трактор состоит из следующих основных сборочных единиц:

- двигатель;
- трансмиссия;
- рама;
- ходовое устройство;
- система управления и вспомогательное оборудование.

По назначению тракторы делятся на сельскохозяйственные, промышленные, специальные.

*Промышленные тракторы:*

- общего назначения, предназначенные для работы с бульдозером, рыхлителем, скрепером, каналокопателем и т.д.;
- специализированные по назначению – одноковшовые погрузчики, трубоукладчики, тягачи и т.д.;

*Специальные тракторы* – это такие тракторы, которые предназначены для выполнения какого-либо вида работы в конкретной отрасли, например лесные.

Основной показатель, характеризующий трактор – тяговый класс при номинальной мощности двигателя.

На рис. 4.1 представлена схема гусеничного промышленного трактора.

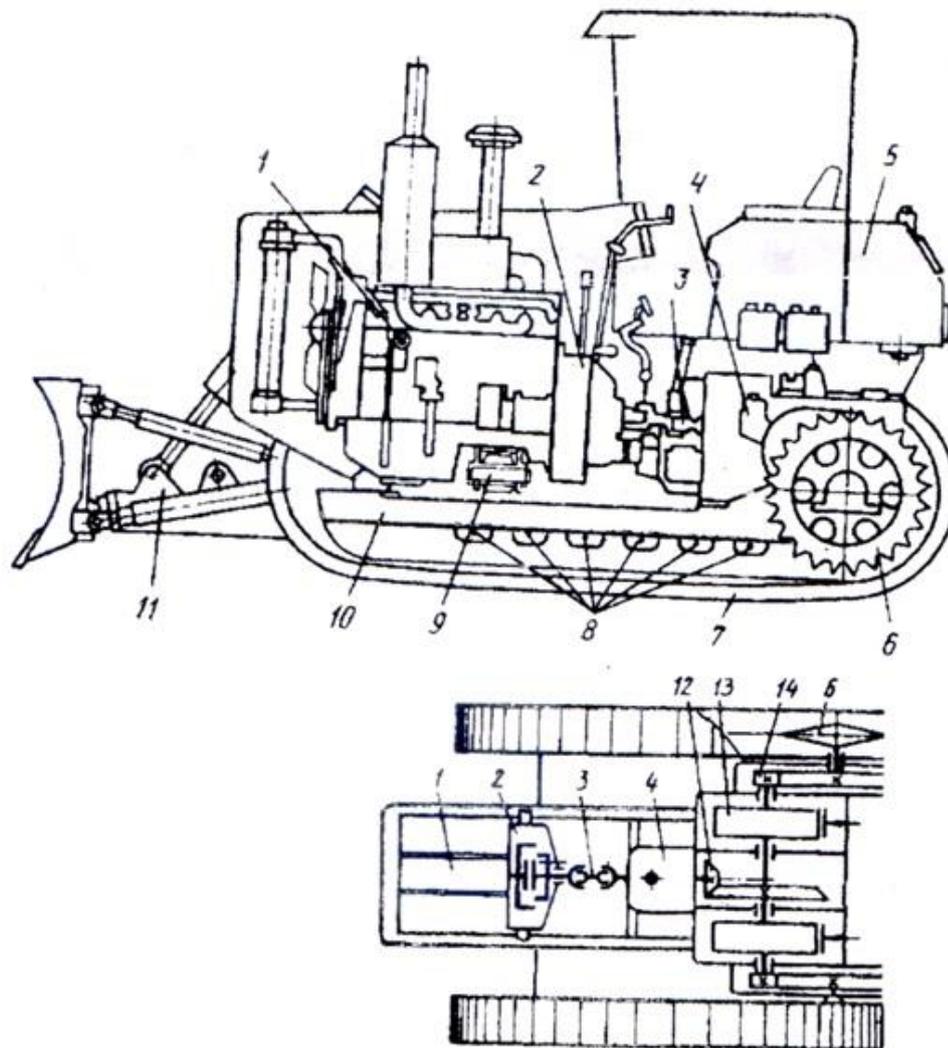


Рис. 4.1. Схема гусеничного промышленного трактора:

1 – двигатель; 2 – сцепление; 3 – карданная передача; 4 – коробка передач; 5 – топливный бак; 6 – ведущая звездочка; 7 – гусеница; 8 – оси опорных катков; 9 – поперечная рессора; 10 – рама гусеничной тележки; 11 – навесное оборудование; 12 – главная передача; 13 – бортовые фрикционы с тормозами; 14 – бортовые редукторы

Тяговые классы обозначаются: 2; 6; 9; 14; 20; 30; 40; 50; 60; 80; 100; 150; 250; 350 кН, но чаще всего эти обозначения идут в т.с. – 0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10; 15; 25; 35.

Чаще всего в качестве силовой установки на тракторах используются дизельные двигатели. Трансмиссии (механические, гидродинамические, электрические) служат для передачи вращательного момента от коленчатого вала двигателя к ведущим колесам.

К рабочему оборудованию относят: прицепное устройство, вал отбора мощности, приводные шкивы и гидравлическая навеска.

Компоновка гусеничных тракторов общего назначения в наиболее распространенном варианте обуславливается передним расположением двигателя и задним расположением рабочего места водителя. При такой компоновке, как правило, трансмиссионная установка делится на два блока: первый это муфта сцепления или гидротрансформатор, или и то и другое вместе и коробка передач, второй – задний мост, в корпусе которого располагается главная передача, механизмы поворота и тормоза. По бокам рамы крепятся бортовые редукторы. С передней частью рамы соединяется ось шарнира балансирной балки, которые соединяются с рамой гусеничных тележек. Для приближения орудий к базе необходимо обеспечить минимальное выступание его узлов за переднюю и заднюю кромку гусениц. Впереди к раме трактора также крепится силовой капот, на котором расположены гидроцилиндры бульдозерного оборудования.

В настоящее время в качестве базовых гусеничных тракторов в строительстве находят применение следующие марки:

**ДТ-75** (СМД-14; 62,5 кВт, гусен. – 390 мм)

**Т-170.01** (Д-160, 128,7 кВт, гус. – 500 мм) Класс тяги 100 кН

**Т-130** (Д-130, 103 кВт)

**ДЭТ-250М** (228 кВт). Класс тяги 250 кН

*Пневмоколесные тракторы* обладают хорошей маневренностью и сравнительно большими скоростями передвижения (до 45 км/ч), что позволяет эффективно применять их для перевозок грузов в пределах строительной площадки и на более удаленные расстояния по дорогам с твердым покрытием. Основной их недостаток заключается в довольно высоком удельном давлении на грунт (0,2...0,4 МПа), что снижает их проходимость по грунтам с низкой несущей способностью.

Пневмоколесные тракторы выполняются двух типов: с жесткой рамой и управляемыми (как правило, передними) колесами и с шарнирно-сочлененной рамой.

Наибольшее распространение имеют тракторы с дизелями, расположенными впереди, механической или гидромеханической трансмиссией и передними управляемыми колесами. Привод может быть либо только на задние колеса (4×2), либо на все колеса (4×4). Конструктивно они имеют следующую компоновку – двигатель; муфта сцепления; коробка передач; карданные валы; задний мост; колесные редукторы. Так как эти тракторы перемещаются со значительными скоростями, то в них применяют полужесткие или упругие подвески.

*Пневмоколесные тракторы с шарнирно сочлененной рамой* обладают довольно малым радиусом поворота. Рама трактора состоит из двух полурам – передней и задней, соединенных между собой шарниром. Маневрирование машины происходит путем поворота полурам относительно друг друга вокруг вертикальной оси шарнира с помощью двух гидроцилиндров.

У погрузчиков с шарнирно-сочлененной рамой двигатель, коробка передач, раздаточная коробка располагаются на задней полураме. Кабина может устанавливаться как на задней, так и на передней полураме.

Разновидностью пневмоколесных тракторов являются пневмоколесные одноосные тягачи. Их применяют для работы с различными видами прицепного оборудования. Они состоят из двигателя, рамы, трансмиссии и двух ведущих колес. Самостоятельно передвигаться такой тягач не может. Тягач в сцепе с оборудованием составляет самоходную строительную машину с ведущими передними колесами. Управляют сцепом путем поворота тягача относительно полуприцепа с помощью гидроцилиндров. Приводные колеса, как правило – встроенные мотор-колеса.

В настоящее время в качестве базовых пневмоколесных тракторов находят применение следующие марки:

**МТЗ-80** (82), 4×4 (4×2), Д-243, 60 кВт Кл.14кН

**Беларус-1221** (1201), 4×4 (4×2), Д-260.2Т, 96 кВт Кл. 20кН

*Беларус-1522*, 4×4, Д-260.6Т, 115 кВт Кл.30кН

**К-744-1**, 4×4, ЯМЗ-8481-10, 257 кВт Кл. 100кН

**К-701**, 4×4, ЯМЗ-240Б, 227 кВт Кл. 60 кН

**К-703**, 4×4, ЯМЗ-238МБ, 158 кВт Кл. 50 кН

Расшифровка марок тракторов МТЗ: Беларус-1221

12 – расчетная мощность 120 л.с.;

2 – два ведущих моста (0 – один ведущий мост);

1 – модификация.

Для повышения проходимости тракторов применяются следующие мероприятия:

Для гусеничных тракторов – увеличение ширины и длины гусеничной ленты; для колесных – установка широкопрофильных и сдвоенных колес.

Перевозку строительных грузов осуществляют различными транспортными средствами, в том числе грузовыми автомобилями. В числе перевозимых грузов: штучные, кусковые и сыпучие, вязкие и жидкие материалы. Большинство строительных грузов перевозят грузовыми автомобилями, которые обладают большой скоростью передвижения, достаточной для строительных условий, маневренностью и проходимостью, могут преодолевать довольно крутые подъемы и спуски.

По назначению грузовые автомобили делятся на:

➤ бортовые;

➤ самосвалы;

➤ тягачи и специализированные (цементовозы, автобето-носмесители, бензовозы, поливочные, снегоочистители, агрегаты технического обслуживания и т. д.).

По проходимости автомобили разделяются на три группы:

➤ нормальной проходимости (с одной ведущей осью – 4×2; 6×2);

➤ для работы на шоссейных, улучшенных и легкопроходимых дорогах (4×2; 6×4);

➤ повышенной проходимости (8×4, 6×6, 4×4).

Основной эксплуатационный параметр грузового автомобиля – его грузоподъемность (наибольшая масса полезного груза, который можно перевозить в условиях нормальной эксплуатации).

Грузоподъемность грузовых автомобилей общего назначения с открытой платформой и откидными бортами – 0,8...25 т (35...1200 кН).

Грузовые автомобили имеют единую компоновочную схему и состоят из трех основных частей – двигателя, с обслуживающими его устройствами; шасси, состоящего из рамы, трансмиссии, ходовой части, механизмов управления; кузова.

На автомобилях применяют двигатели внутреннего сгорания – дизели и карбюраторные двигатели мощностью от 30 до 600 кВт и более, с пуском от электростартера. Отработавшие газы двигателя удаляются по трубе с глушителем, уменьшающим их шум при выходе в атмосферу.

*Ходовая часть* автомобиля состоит из переднего и заднего моста с колесами на пневматических шинах. Мосты подвешиваются к раме автомобиля при помощи рессор (или рессор и телескопических амортизаторов), которые, передавая одновременно с пневматическими шинами нагрузку от рамы на опорную поверхность (дорогу), смягчают толчки и удары от колес при встрече с неровностями.

*Тормозная система* служит для снижения скорости и быстрой остановки автомобиля. Тормозами снабжаются все колеса автомобиля. Управление – гидравлическое или пневматическое.

*Трансмиссия* автомобиля служит для передачи крутящего момента от вала двигателя к ведущим мостам, а также для передачи движения различного оборудованию у специализированных автомобилей. В состав трансмиссии (как и у тракторов) входят: сцепление – постоянно замкнутая одно- или многодисковая фрикционная муфта и коробка передач – многоскоростной редуктор с цилиндрическими зубчатыми колесами (редко гидромеханическая коробка передач).

*Промежуточный и главный карданные валы* служат для передачи вращательного момента от коробки передач до главной (как правило, конической или гипоидной) передачи с дифференциалом. Дифференциал соединяет полуоси ведущих колес с главной передачей, давая возможность вращаться каждому колесу с различной скоростью. Это необходимо при повороте автомобиля, когда внешние колеса (по отношению к центру поворота) перекачиваются по окружности большего радиуса, чем внутренние.

*Рулевое управление* состоит из рулевого колеса, рулевой колонки и системы передач, воздействующих на рулевую трапецию. На ряде автомобилей рулевое управление оборудуется гидроусилителем, объединенном в одном агрегате с рулевым механизмом. Гидроусилитель рулевого механизма значительно уменьшает усилие, которое необходимо прикладывать к рулевому колесу для поворота передних колес.

*Электрооборудование* состоит из генератора переменного тока, выпрямителя, регулятора напряжения, аккумуляторной батареи, стартера, системы освещения, световой и звуковой сигнализации.

В маркировку автомобилей входит:

XXXX - I II III IV V VI

буквы цифры буквы или цифры

Буквы – сокращенное название завода, фирмы, объединения.

Цифры обозначают следующее:

**I** – класс автомобиля.

Грузовые – по общей массе автомобиля:

**II** – вид эксплуатационного назначения:

(1 – легковые; 2 – автобусы; 3 – грузовые бортовые; 4 – тягачи; 5 – самосвалы; 6 – цистерны; 7 – фургоны; 8 – электромобили; 9 – спецавтомобили).

**III** и **IV** – от 00 до 99 – регистрационный номер модели.

**V** – от 1 до 9 – модернизация.

**VI** – исполнение.

ЗИЛ-433362; МАЗ-5337; КамАЗ-43118; Урал-6563; Урал-63685; Урал-55571.

*Автомобили-самосвалы* предназначены для перевозки грузов, допускающих их быструю выгрузку, без изменения их свойств, самотеком при наклоне кузова. Наиболее массовыми видами грузов, перевозимыми автомобилями-самосвалами, являются грунт и инертные (щебень, гравий, песок), иногда цементно-бетонные грузы, асфальт.

Различают самосвалы с задней и боковой выгрузкой. Наклон кузова самосвала осуществляется телескопическими гидроцилиндрами.

*Автоцементовозы* – предназначены для перевозки без тары сухих порошкообразных вяжущих материалов (цемент, известь, алебастр, гипс и т.д.). Емкостью для перевозки грузов является цилиндрическая цистерна, смонтированная на раме автомобиля или в виде полуприцепа к седельному тягачу. Автоцементовозы оборудованы устройствами, обеспечивающими гравитационную их загрузку из складов, вакуумную загрузку из крытых вагонов и пневматическую выгрузку с помощью компрессора.

*Автобетоновозы* – предназначены для перевозки бетонной смеси на сравнительно небольшие расстояния. Их изготавливают на базе автомобилей – самосвалов с дооборудованием металлическим кузовом специальной каплевидной формы.

*Автобетоносмесители* – предназначены для перевозки бетонных смесей с их перемешиванием в процессе транспортировки.

*Битумовозы* – используют для перевозки расплавленного битума с поддержанием его в горячем состоянии во время транспортирования к месту потребления. Подогрев осуществляется специальной системой (электро-водяной).

*Тягачами* называют машины, специально приспособленные для буксировки грузов. Их применяют также для подталкивания грузов или страховки тяжелых автопоездов на подъемах и спусках. Автомобильный тягач предназначен для транспортных работ. Для этих целей используют автомобиль (часто с укороченной базой) и опорно-цепным устройством, установленным вместо кузова. В этом случае чаще всего применяют цепное устройство с направляющими полозьями. Применение полуприцепов, опирающихся передней частью на седельное устройство, позволяет использовать мощность двигателя, увеличить грузоподъемность автомобиля и, следовательно, его производительность.

*Машины для технических уходов и ремонтов* – специально оборудованные передвижные ремонтные мастерские.

Прицепы и полуприцепы (опирается на шасси автомобиля-тягача) применяются для повышения производительности транспортных средств и перевозки длинномерных, негабаритных, специальных, тяжелых грузов.

Прицепы и полуприцепы разделяются на общего назначения с бортовой платформой и специальные их виды.

К прицепам и полуприцепам общего назначения относят прицепы с бортовой платформой, автомобильные и тракторные прицепы-самосвалы, полуприцепы, роспуски, полуприцепы-цистерны, полуприцепы и прицепы-платформы, тяжеловозы (трейлеры).

*Одноосный полуприцеп* – применяют для перевозки штучных грузов, контейнеров и длинномерных деревянных грузов.

*Двухосный прицеп* – применяется для перевозки сыпучих или штучных грузов. Прицепы оборудованы поворотным устройством передней оси со сцепным дышлом, световой сигнализацией и тормозами, совмещенными с системами тягача. Прицепы-самосвалы снабжены также гидросистемой опрокидывания кузова.

*Прицепы и полуприцепы-тяжеловозы* (трейлеры) применяют в строительстве для перевозки тяжелых грузов, в том числе строительных машин на гусеничном ходу – экскаваторов, бульдозеров, гусеничных кранов и др. В зависимости от грузоподъемности они могут быть трех-, четырех-, шести- и многоосными. Платформа прицепа и ее задняя часть делается возможно более низкой и снабжается двумя откидными трапами для въезда машин на трейлер, а также съезда с него. Грузоподъемность - до 200 т.

*Полуприцепы-панелевозы* предназначены для перевозки стеновых панелей и панелей перекрытия, прочность которых не позволяет перевозить их в горизонтальном положении, а только установленными на ребро. Наклон боковых стенок хребтовой балки к вертикали составляет  $\approx 8^\circ$ . Перевозимые панели устанавливаются на ребро по обе стороны от хребтовой балки, приваливаются к ней и закрепляются специальными устройствами.

*Автоцистерны* прицепные и полуприцепные применяют для перевозки жидких грузов (в основном дизельного и бензинового топлива). Выпускаются емкостью от 4 м<sup>3</sup>(4000 л) до 22 м<sup>3</sup>.

*Трубо- и плетевозы* предназначены для перевозки труб длиной до 12 м и плетей (секций, сваренных из труб) длиной до 36 м по дорогам с твердым покрытием, грунтовыми дорогам, а также вне дорог вдоль трассы строительства трубопроводов. Снабжаются специальными страховочными канатами. Грузоподъемность автопоезда составляет от 9 до 36 т.

Основы тягового расчета строительных машин

При тяговом расчете необходимо выяснить сопротивление передвижению машины и тяговые возможности ее механизмов по двигателю привода и по сцеплению движителей с грунтом.

Сопротивления передвижению, которые должны быть преодолены механическим приводом и колесным или гусеничным движителем

$$W = W_p + W_{\text{пер}} + W_{\text{пов}} \pm W_y + W_{\text{и}} + W_{\text{в}},$$

где  $W_p$  – сопротивление от рабочего органа машины (определяется для каждой конкретной машины, зависит от типа рабочего органа, характера работ и др.);

$W_{\text{пер}}$  – сопротивление перемещению движителей. Вследствие большого количества факторов, влияющих на его значение, определяется приблизительно,

$$W_{\text{пер}} = fG_{\text{м}},$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления передвижению движителей;

$G_{\text{м}}$  – сила тяжести машины (Н, кН).

$W_{\text{пов}}$  – сопротивление повороту движителя для рыхлого вязкого грунта.

$W_{\text{пов}} = (0,4 \dots 0,7) W_{\text{пер}}$ ; для гусеничного движителя, определяется затратами энергии на резание и смятие грунта гусеницами,

$W_{\text{пов}} = (0,25 \dots 0,5) W_{\text{пер}}$  – для колесного движителя.

$W_y$  – сопротивление движению машины от уклона местности,

$$W_y = \pm G_{\text{м}} \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол подъема пути машины.

$W_{\text{и}}$  – сопротивление от инерции при разгоне,

$$W_{\text{и}} = (m + J/r^2)a,$$

где  $m$  – масса машины;

$J$  – момент инерции приводимых во вращение масс механизма привода движителей;

$r$  – радиус поворота колес;

$a$  – ускорение разгона машины.

$W_{\text{в}}$  – сопротивление от давления ветра,

$$W_{\text{в}} = q_{\text{в}}A,$$

где  $q_{\text{в}}$  – давление ветра;

$A$  – суммарная площадь сопротивления ветровой нагрузке машины.

В тяговых расчетах большинства землеройных машин в рабочих режимах на строительной площадке могут не учитываться отдельно инерционные силы и силы ветра, которые имеют небольшую величину по сравнению с остальными составляющими  $W$ . Могут не учитываться также сопротивления подъему и повороту т. к. на этих этапах копание не производится (для экскаваторов).

При подсчете общего сопротивления учитываются наиболее тяжелые условия работы для каждой строительной машины.

Условие движения любой машины записывается уравнением

$$W \leq F_{\text{од}} \leq F_{\text{о.сц}},$$

где  $F_{\text{од}}$  – окружная сила всех движителей машины, получаемая от двигателей привода;

$F_{\text{о.сц}}$  – суммарная окружная сила всех движителей по условию сцепления их с основанием.

$$F_{\text{од}} = P_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{д}} / V,$$

где  $P_{\text{д}}$  – мощность двигателей механизмов передвижения (кВт);

$V$  – скорость передвижения (м/с);

$\eta_{\text{д}}$  – общий КПД механизма передвижения.

$$F_{\text{о.сц}} = G_{\text{м}} \cdot \varphi,$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления движителя с основанием, по которому передвигается машина (см. табл.).

Для колесных движителей  $G_{\text{м}}$  – сила тяжести машины, приходящаяся на ведущие колеса.

В случае, если наступает условие

$$W \leq F_{\text{од}} > F_{\text{о.сц}},$$

машина не может двигаться, так как происходит буксование движителей.

Если выполняется условие

$$W > F_{\text{од}} \leq F_{\text{о.сц}},$$

то машина не может двигаться, вследствие недостаточного тягового усилия, развиваемого приводом ходового механизма.

На рисунках 4.2-4.5 представлены схемы ленточных, ковшовых, винтовых и вибрационных конвейеров.

К транспортирующим машинам относят конвейеры и пневмотранспортные установки. К погрузочно-разгрузочным машинам относят: одноковшовые фронтальные погрузчики и погрузчики непрерывного действия.

*Конвейер* – это машина для непрерывного транспортирования сыпучих, кусковых и штучных грузов. Различают конвейеры: с тяговым органом – ленточные, цепные, канатные; без тягового органа – винтовые, инерционные, вибрационные роликовые. По типу грузонесущего органа конвейеры могут быть ленточными, пластинчатыми, скребковыми, ковшовыми, тележечными и т.д.

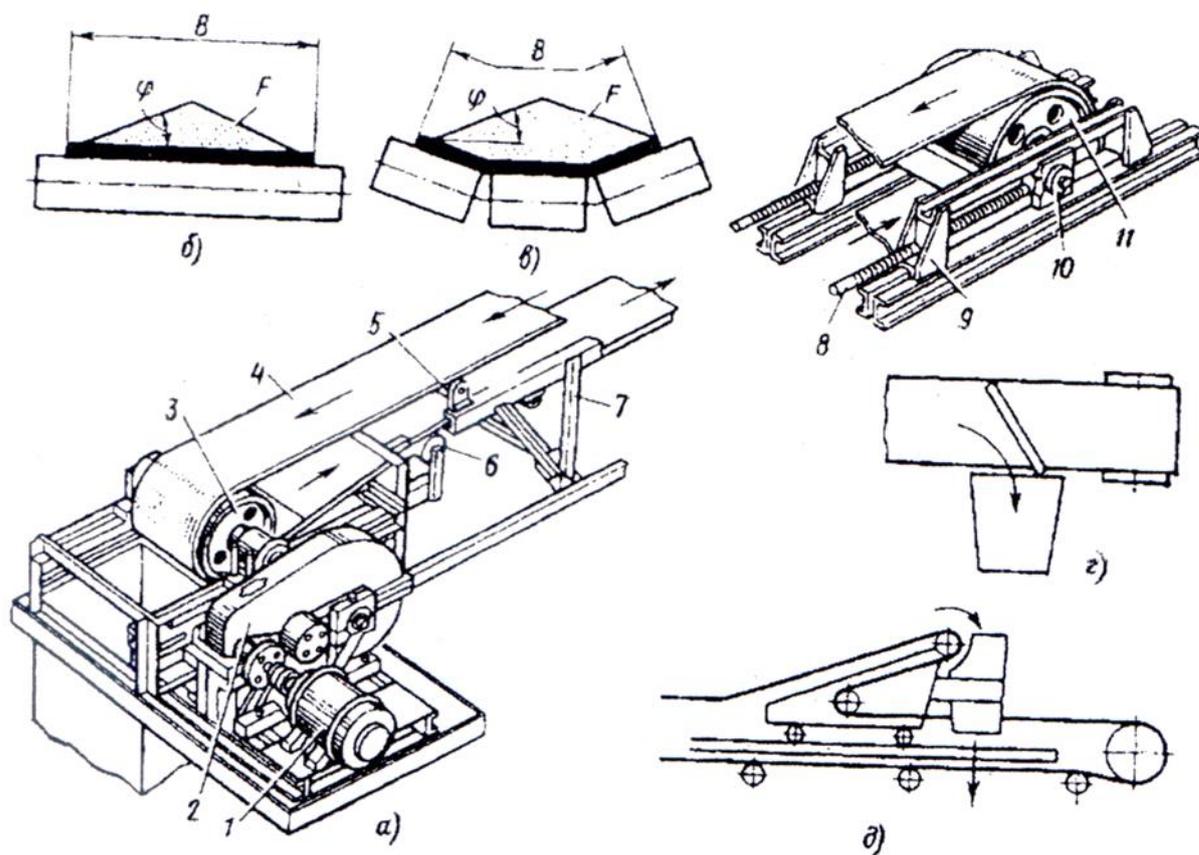


Рис. 4.2. Стационарный ленточный конвейер:

- а – общий вид; б – с плоской лентой; в – с желобчатой лентой; г – с плужковым сбрасывателем; д – с разгрузочной тележкой; 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – ведущий головной барабан; 4 – лента; 5 – несущие роликоопоры; 6 – поддерживающие роликоопоры; 7 – рама; 8 – натяжной винт; 9 – стойка натяжного механизма; 10 – ползун; 11 – натяжной хвостовой барабан

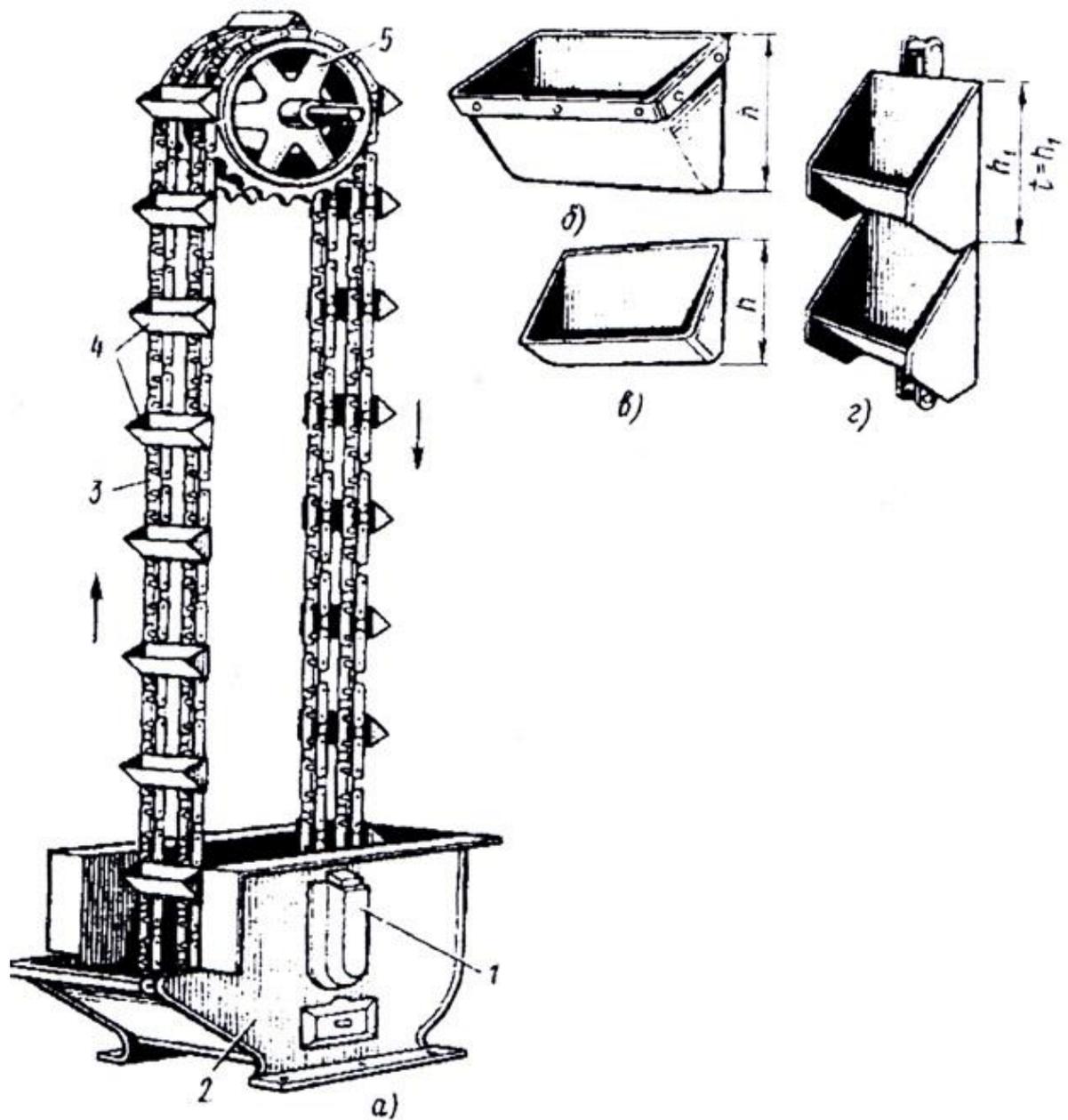


Рис. 4.3. Ковшовый конвейер (элеватор):  
 а – общий вид; б – глубокий ковш; в – мелкий ковш; г – чешуйчатый  
 (остроугольный) ковш; 1 – натяжное устройство; 2 – корпус; 3 – лента или  
 цепь конвейера; 4 – ковши; 5 – приводное устройство

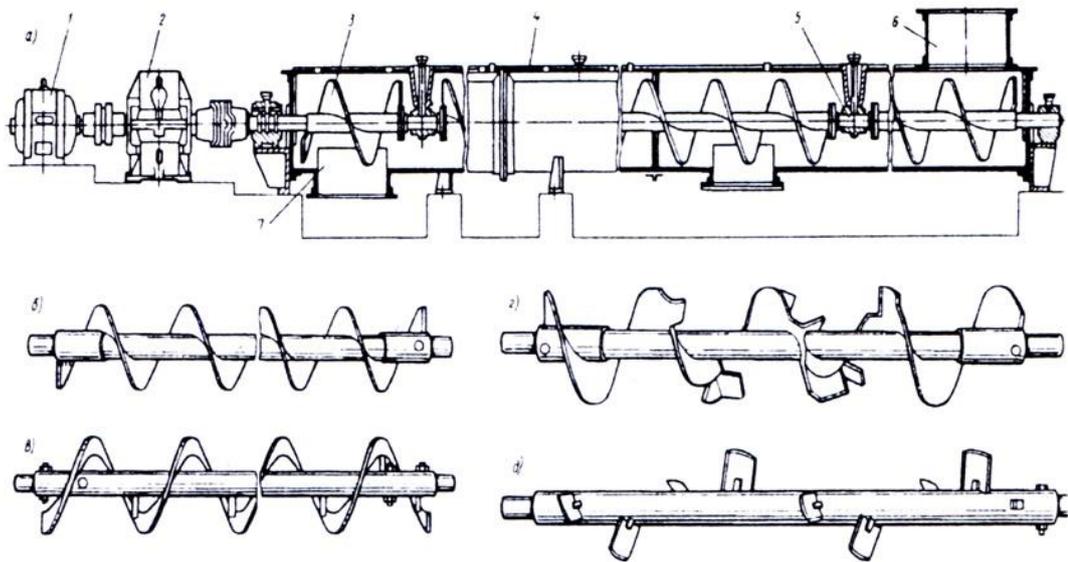


Рис. 4.4. Винтовой конвейер:  
 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – винт; 4 – желоб; 5 – подшипник;  
 6 – загрузочное отверстие; 7 – выходное отверстие

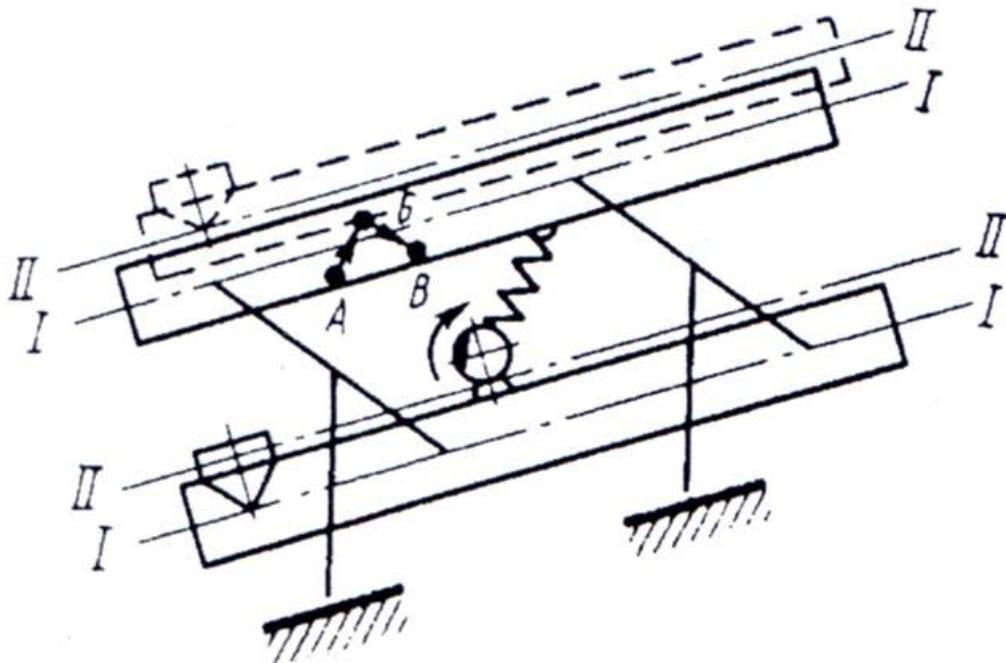


Рис. 4.5. Вибрационный конвейер

Для перемещения материалов в горизонтальном и наклонном направлениях применяют ленточные конвейеры, которые разделяют на передвижные и стационарные. Угол подъема ленточного конвейера – до  $18...22^\circ$ , при рифленой ленте – до  $40...45^\circ$ . Передвижные конвейеры имеют длину до 20 м и оборудуются колесами для транспортирования. Стационарная линия, состоящая из нескольких конвейеров, может достигать длины 5 км.

Наиболее часто применяют ленты, состоящие из нескольких слоев прорезиненной хлопчатобумажной ткани и покрытые резиновыми обкладками. Более прочными являются ленты из синтетических волокон. Для конвейеров значительной длины (2...3 км) применяют прорезиненные армированные ленты с каркасами из стальных тросиков.

Роликоопоры рабочей ветви при гладкой (плоской) ленте выполняют однороликовыми, при желобчатой – из двух, трех или пяти роликов.

Производительность ленточного конвейера

$$P = 3600Fv, \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$\text{или } P = 3600Fv\rho, \text{ т/ч},$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения слоя материала на ленте,  $\text{м}^2$ ;

$v$  – скорость движения ленты,  $\text{м/с}$ , обычно  $v = 1...2 \text{ м/с}$ ;

$\rho$  – плотность транспортируемого материала,  $\text{т/м}^3$ .

Производительность конвейера (в т/ч) при перемещении штучных грузов

$$P = 3,6 \frac{v}{t} m,$$

$t$  – расстояние между центрами тяжести грузов,  $\text{м}$ ;

$m$  – масса одного груза,  $\text{кг}$ .

Разновидностями ленточного конвейера являются пластинчатый и скребковый конвейеры.

Пластинчатый конвейер состоит из двух тяговых цепей, огибающих концевые звездочки, и ряда стальных пластин, прикрепленных к этим цепям. На звеньях цепей насажены опорные ролики, перекатывающиеся по направляющим. Такие конвейеры применяют для перемещения крупнокусовых или горячих материалов. По принципу действия пластинчатые конвейеры могут быть непрерывными и пульсирующими.

Скребковый конвейер состоит из желоба с размещенным в нем тяговым органом (цепью или канатом), к которому прикреплены металлические скребки. Материал, загруженный в желоб, подхватывается скребками и перемещается к разгрузочному люку.

Вибрационные конвейеры могут быть трубчатыми и желобчатыми. Они имеют электромагнитные, пневматические и механические вибрационные приводы; последние делятся на дебалансные, вибрационные с вибратором направленных колебаний и кривошипно-шатунные. Упругие элементы выполняются в виде рессор, спиральных пружин, резиновых конструкций и рычагов-качалок. Производительность вибрационных конвейеров – 4...60 т/ч; дальность транспортирования – 1...10 м; максимальный угол наклона – 18°.

Ковшовые конвейеры – элеваторы предназначены для вертикального перемещения сыпучих и мелкокусовых материалов и состоят из приводного

(верхнего) и натяжного барабанов (или звездочек), натяжного устройства, корпуса и тягового органа из ленты или цепей (одной или двух) и ковшей, которые бывают глубокими, мелкими и чешуйчатыми.

Нижнюю часть с натяжным устройством называют башмаком, а верхнюю с приводным устройством – головкой.

Основными достоинствами ковшовых конвейеров являются малые размеры в плане, возможность подачи груза на большую высоту (до 50 м).

Производительность ковшового конвейера (в т/ч)

$$P_T = 3,6qK_n\rho/tv,$$

где  $q$  – геометрическая вместимость ковша, л,  $q = 65...136$ ;

$K_n$  – коэффициент наполнения ковша,  $K_n = 0,6...0,9$ ;

$t$  – расстояние между ковшами, м;

$v$  – скорость движения ковшей, м/с,  $v = 0,4...2$ ;

$\rho$  – плотность материала, т/м<sup>3</sup>.

Винтовые конвейеры (шнеки) применяются для перемещения сыпучих, мелкокусковых и вязких материалов в горизонтальном и наклонном (до 20° к горизонту) положениях.

Основным элементом, перемещающим материал, является винт, расположенный в желобе (трубе). Частота вращения винтов колеблется в пределах 40...120 об/мин. Существующие винтовые конвейеры могут транспортировать материал на расстояние 30...40 м при производительности 15...60 м<sup>3</sup>/ч.

Производительность винтового конвейера

$$P_T = 60Ftn, \text{ м}^3/\text{ч},$$

или

$$P_T = 60Ftn\rho, \text{ т/ч},$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения потока материала, м<sup>2</sup>;

$t$  – шаг винтовой линии шнека, м;

$n$  – частота вращения винта, об/мин.

Установки пневматического транспорта применяют для перемещения пылевидных материалов (цемента, минерального порошка и др.) благодаря разности давлений на концах трубопровода. По принципу действия пневматические установки разделяют на всасывающие и нагнетательные. На рис. 4.6 представлены схемы установок и пневмотранспорта.

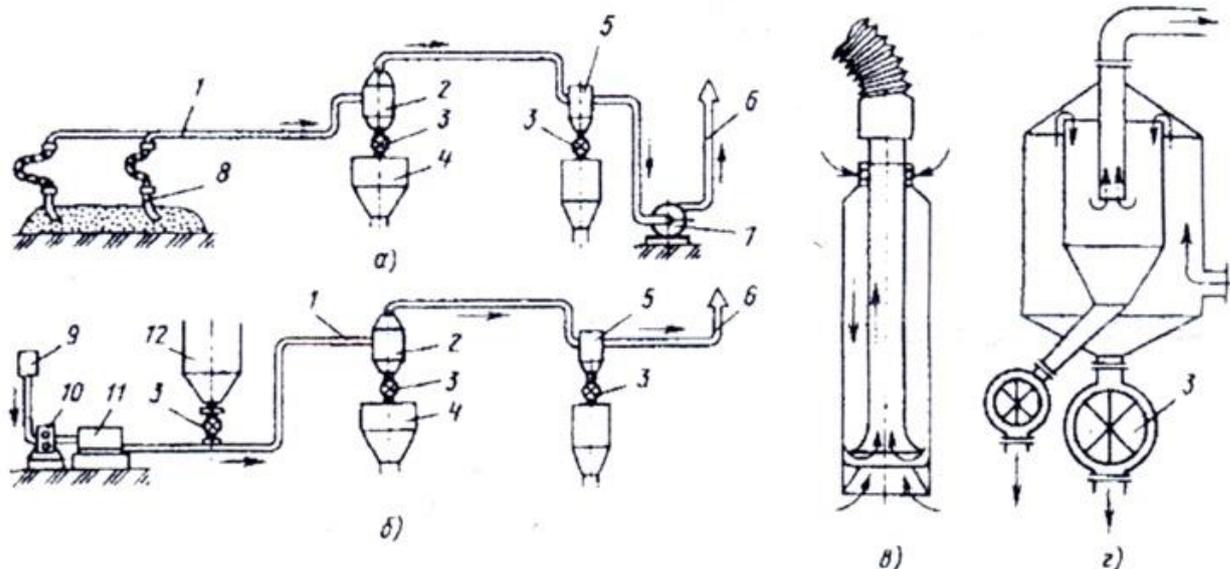


Рис. 4.6. Установки пневматического транспорта:  
 а – всасывающего типа; б – нагнетательного;

в – всасывающее сопло; г – разгрузатель (отделитель):

- 1 – транспортный трубопровод; 2 – разгрузатель; 3 – шлюзовые (барабанные) затворы;  
 4 – приемный бункер; 5 – фильтр; 6 – выпускной патрубок; 7 – вакуум-насос;  
 8 – всасывающее сопло; 9 – воздушный фильтр; 10 – компрессор;  
 11 – воздухосборник (ресивер); 12 – расходный бункер

Всасывающие установки работают на принципе разрежения воздуха в трубопроводе вакуум-насосом.

Материал засасывается соплами в транспортный трубопровод. Перемещаясь там, он поступает в разгрузатель циклонного типа (отделитель), где в результате увеличения сечения резко падает скорость его движения, и выпадает на дно, откуда через шлюзовой (барабанный) затвор, обеспечивающий герметичность, попадает в приемный бункер. Воздух, пройдя через фильтр и вакуум-насос, по выпускному трубопроводу выбрасывается в атмосферу. При разрежении воздуха до 0,02...0,05 МПа всасывающие установки развивают производительность 25...30 т/ч при дальности транспортирования 25...50 м.

Нагнетательные установки транспортируют материал по разветвленному трубопроводу, куда компрессором в несколько мест нагнетается воздух. Перепад давлений составляет 0,2...0,6 МПа, дальность транспортирования – до 1...2 км, производительность – 200...300 т/ч. Разгрузка материала и дальнейшая очистка воздуха осуществляются так же, как во всасывающих установках. Воздух, засасываемый из атмосферы, предварительно очищается фильтром. Воздухосборник (ресивер) служит для выравнивания давления в системе и одновременно является масловодоотделителем. Скопившиеся масло и вода удаляются через спускной кран.

Для транспортирования сухих материалов тонкого помола получили большое распространение аэрожелоба.

Аэрожелоб представляет собой лоток, устанавливаемый с уклоном 4...6° в сторону транспортирования, с пористой керамической или матерчатой перегородкой, разделяющей лоток на две части – верхнюю и нижнюю. В нижнюю часть лотка под давлением 0,003...0,005 МПа вентилятором нагнетается воздух, который, проходя через пористую перегородку, аэрирует материал, придавая ему свойство текучести. Пройдя через материал, воздух выходит в атмосферу через фильтры, расположенные в верхней части лотка. Длина секционного аэрожелоба достигает 40 м; производительность – 20...100 т/ч.

В строительном производстве погрузчики применяют для черпания сыпучих, мелкокусковых материалов, грунта и перемещения их на небольшие расстояния с погрузкой на транспортные средства, в приемные бункеры перерабатывающих машин и установок, укладки в штабеля, для подъема и погрузки на транспортные средства штучных грузов.

Погрузчики бывают циклического и непрерывного действия. К первым относятся одноковшовые и вилочные погрузчики (автопогрузчики), ко вторым – многоковшовые и скребковые.

По типу ходового устройства одноковшовые погрузчики разделяются на:

- пневмоколесные;
- на гусеничном ходу.

По виду рабочего органа:

- фронтальные – у которых черпание материала и разгрузка ковша происходят с фронтальной (лобовой) стороны машины;
- с боковой разгрузкой – у которых черпание производится с фронтальной стороны машины, а разгрузка происходит при опрокидывании ковша в сторону;
- полуповоротные – разгрузка ковша может производиться в любую сторону в пределах 180° (в плане);
- погрузчики с задней разгрузкой с переносом ковша через себя (ПН-4, П-1).

Одноковшовые фронтальные погрузчики циклического действия применяют не только при погрузке сыпучих материалов, но и при разработке песчано-гравийных карьеров, на разработке грунта I–II категорий и транспортировке его на небольшие расстояния, расчистке и планировке площадок, на рытье траншей и котлованов и зачистке их стенок, для засыпки траншей, а также пазух при возведении фундаментов, для очистки площадок от строительного мусора, при перевозке и укладке труб, а также на монтажных, такелажных др. работах.

Универсальность фронтальных погрузчиков обеспечивается наличием сменного оборудования: ковшей различной емкости (нормальным для щебня и средних категорий грунта, уменьшенным для погрузки булыжника и разработки тяжелых грунтов, увеличенной емкости для штабелирования угля и разработки песка и легких грунтов), двухчелюстного захвата для леса и

длинномерных материалов, грузовых вил для штучных грузов, монтажных стрел и др.

Рост парка одноковшовых погрузчиков за последние годы увеличился. Это объясняется тем, что фронтальные погрузчики по сравнению с одноковшовыми экскаваторами имеют менее сложную конструкцию, меньший вес, лучшую маневренность, проходимость и мобильность. Трудоемкость погрузочных и земляных работ на грунтах I-II категорий мощными фронтальными погрузчиками в 1,5...2 раза ниже трудоемкости их выполнения одноковшовыми экскаваторами. (Более подробно конструкции погрузчиков будут изучены на лабораторных работах).

В Республике Беларусь ОАО «Амкодор» налажен выпуск одноковшовых погрузчиков в широком диапазоне грузоподъемностей от 0,32 до 10 т (Амкодор 312 на базе БЕЛАЗ-7822). Выпуск фронтальных погрузчиков налажен на МoАЗ и совместном предприятии МАЗ-МАН.

Погрузчики непрерывного действия используют в основном для погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов.

Основными их частями являются:

- силовое оборудование, дизельное или дизель-электрическое;
- ходовая часть – специальное шасси гусеничное или пневмоколесное;
- устройство для забора материала;
- устройство для перемещения материала на высоту, определяемое потребным уровнем подачи материалов;
- распределительное устройство, обеспечивающее распределение в плане материалов поднятых на высоту (ленточный транспортер (иногда телескопический) или скребковый).

Основной частью погрузчика непрерывного действия является его подъемная часть, в качестве которой чаще всего используют цепной ковшовый элеватор или скребковый транспортер.

В качестве заборного устройства используют питатели двух видов, подгребающие материал к подъемной части и зачерпывающие, которые захватывают материал, забрасывают его на подъемное устройство.

К подгребающим питателям относят шнековые и лапчатые. К зачерпывающим – роторное колесо.

Роторные питатели применяют в виде ковшового колеса, ковши со скошенными стенками, зачерпывают материал и подают его на ленточный транспортер.

Основным достоинством роторных погрузчиков является их высокая производительность и возможность забора материала из любого места штабеля, в то время как элеваторные и скребковые погрузчики пригодны только для забора материала с того уровня, на котором расположена машина.

## Тема 5. Машины для земляных работ

Сюда входят машины для подготовительных работ, землеройно-транспортные машины, экскаваторы, оборудование для гидромеханизации, машины для уплотнения грунтов.

Земляным работам предшествуют подготовительные работы, включающие расчистку территории от леса, кустарника и камней, рыхление грунтов, удаление растительного слоя, снос и перенос строений, подземных коммуникаций. Завершающим этапом подготовительных работ является разбивка земляного сооружения. При выполнении подготовительных работ, предшествующих земляным, применяются кусторезы, древовалы, корчеватели, корчеватели-собиратели, рыхлители, средства водоотлива (насосы), водопонижения (иглофильтры).

Кусторезы служат для расчистки территорий от кустарников и мелкоколесья при строительстве дорог, прокладке просек, подготовке строительных площадок.

Рабочий орган кустореза клинообразный отвал, к нижним кромкам которого прикреплены горизонтальные режущие ножи. Отвал устанавливается на универсальной подковообразной раме. Для защиты от падающих деревьев и ветвей трактор оснащен ограждением из труб. При работе кустореза ножи отвала скользят по поверхности грунта и режущими кромками срезают кусты и деревья (мелкоколесье). В передней части отвала установлен вертикальный нож (колун) для раскалывания пней и раздвигания сваленных деревьев. С внутренней стороны отвала, в его нижней части, на продольной оси имеется гнездо, в которое помещена шаровая головка толкающей рамы. Отвал опирается на три лыжи, которые ограничивают степень его заглубления.

Величину заглубления и подъема отвала изменяют гидравлическими цилиндрами. Для перевода кустореза в транспортное положение отвал поднимают над опорной поверхностью на 300...400 мм.

Производительность кустореза (площадь, расчищенная от деревьев и кустарников, в м<sup>2</sup>/ч):

$$P = 3600Bv_p/n,$$

где  $B$  – ширина захвата, м;

$v_p$  – средняя рабочая скорость движения кустореза с учетом потерь времени на остановки при поворотах и на снижение скорости при буксовании, м/с;

$n$  – число проходов по одному месту.

Кусторезы могут срезать кустарники и деревья диаметром до 20...30 см. Ширина захвата обычно составляет 3,6 м, производительность – 0,5...0,8 га/ч.

Технологический процесс работы кустореза включает два режима:

1) срезание мелкорослого кустарника и травяной растительности, осуществляемое подачей рабочего органа при движении машины, не вызывающее значительных вертикальных нагрузок на диск пилы;

2) срезание древесно-кустарниковой растительности диаметром в плоскости среза более 8...10 см (работа кустореза при этом осуществляется позиционно).

Сменная эксплуатационная производительность кустореза  $P_{э см}$ , га, определяется по формулам:

для режима 1

$$P_{э см 1} = 0,1D_{п}k_{з}u_{т}k_{и} \cdot \left(\frac{T_{см}k_{т} - n_{п}t_{п}}{60}\right),$$

где  $D_{п}$  – конструктивная ширина захвата, равная диаметру пилы,  $D_{п} = B$ , м;

$u_{т}$  – теоретическая скорость движения трактора, км/ч;

$k_{з}$  – коэффициент использования конструктивной ширины захвата;

$k_{и}$  – коэффициент использования теоретической скорости движения;

$k_{т}$  – коэффициент использования времени;

$T_{см}$  – число часов работы кустореза за смену;

$n_{п}$  – число поворотов и переездов в конце обрабатываемого участка канала;

$t_{п}$  – время на 1 поворот или переезд, мин;

для режима 2

$$P_{э см 2} = \frac{0,1D_{п}k_{эф исп}L_{г} \cdot (60T_{см}k_{т} - n_{п}t_{п})}{60(t_{р1} + t_{в1} + t_{р2} + t_{х} + t_{в2}) \cdot n_{кс}},$$

где  $t_{р1}$  – время работы кустореза при движении от одного крупного ствола к другому (в это время подача осуществляется движением трактора);

$t_{р2}$  – время на срезание одного или нескольких крупных стволов подачей тележки с рабочим оборудованием после остановки машины;

$t_{в1}, t_{в2}$  – время, затрачиваемое на включение и на выключение рычагов;

$t_{х}$  – время обратного хода тележки;

$L_{г}$  – длина гона, км;

$n_{кс}$  – количество остановок кустореза для срезания крупных стволов;

$k_{эф исп}$  – коэффициент эффективного использования пилы.

Для удаления деревьев на расчищаемых участках применяют также цепные и дисковые пилы, бульдозеры и древовалы.

*Корчеватели* служат для корчевки пней, расчистки земельных участков от корней и крупных камней, уборки лесных участков от сваленных деревьев и кустарника после прохода кустореза. Корчеватели могут иметь узкие отвалы

с 3...5 зубьями или широкие с 7...10 зубьями. Первые обычно используют для корчевания пней и извлечения крупных камней, вторые – для корчевания пней, удаления корней и очистки поверхности от поваленных деревьев, кустарников, пней, камней и др.

Корчеватель состоит из рамы бульдозерного типа с отвалом или поперечными брусьями, на которых установлены зубья. Подъем и опускание рабочего оборудования производится гидроцилиндрами. Крепление отвала к раме может быть, как жестким, так и шарнирным. Шарнирное крепление позволяет поворачивать отвал с зубьями после их заглубления под пень.

Корчеватель-собиратель имеет прямоугольную корчующую решетчатую раму, обеспечивающую перемещение выкорчеванных пней и кустов.

Ширина захвата корчевателей составляет 0,43...2,09 м, корчевателей-собирателей – 2,7...3,55 м. Наибольшее заглубление зубьев – 0,4...0,5 м. За 1 ч работы корчеватели выкорчевывают 45...60 пней диаметром до 0,3...0,5 м. На сборе срезанного кустарника, выкорчеванных пней, удалении остатков корней сменная производительность корчевателей-собирателей составляет 1,6...3,5 га.

Срезанная кусторезом древесная растительность (рис. 5.1) собирается погрузочно-транспортной машиной (рис. 5.2) и подается на рубильную машину (рис. 5.3) с целью получения топливной щепы.

Прочные и мерзлые грунты в связи со значительным сопротивлением резанию машинами для земляных работ общего назначения непосредственно не разрабатывают. В основном эти грунты разрабатывают взрывным и механическим способом. Взрывной способ применяют при больших объемах работ, глубине промерзания или толщине слоя прочных грунтов более 1 м на площадках, удаленных от объектов гражданских, промышленных, гидротехнических и других сооружений. Механический способ получил широкое распространение с применением специальных машин.

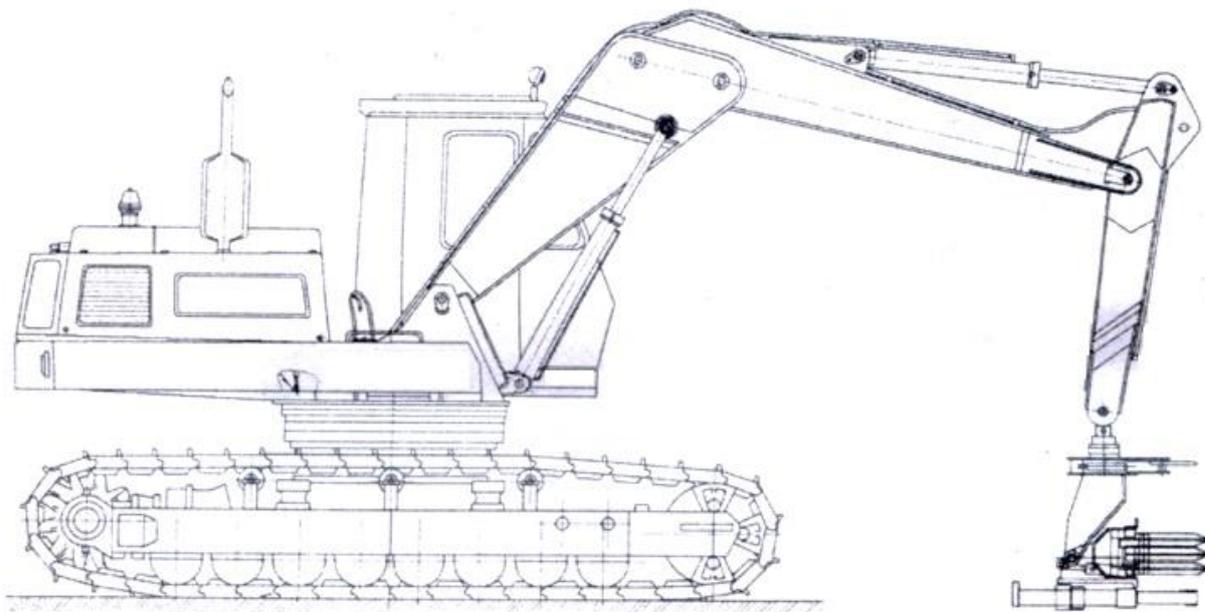


Рис. 5.1. Срезающе-пакетирующая машина на базе экскаватора ЭО-3223

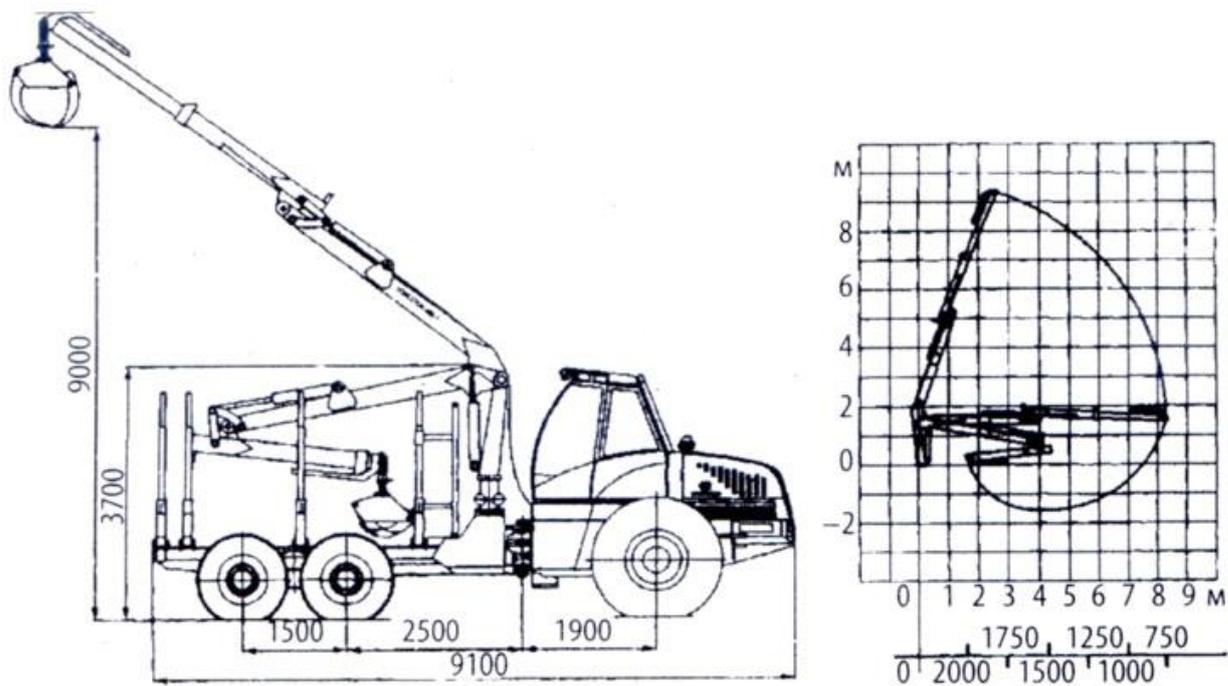


Рис. 5.2. Форвардер Амкодор 2661

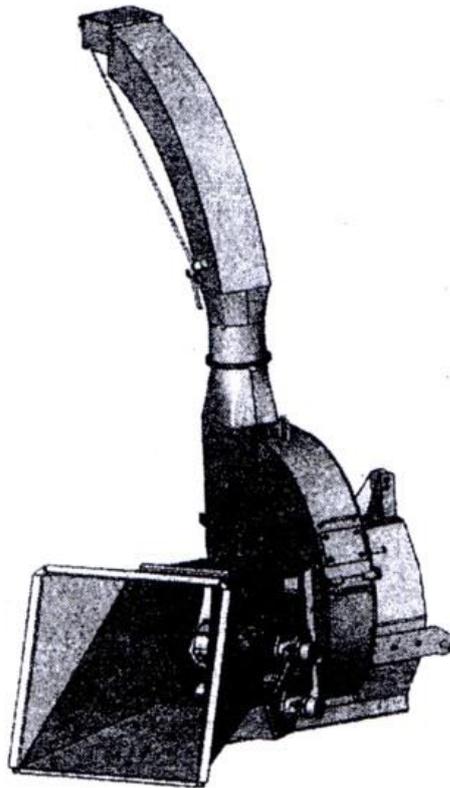


Рис. 5.3. Рубильная машина

Машины для разработки прочных и мерзлых грунтов можно, разделить на три группы:

- машины для послойного рыхления грунта – подготовки прочного и мерзлого грунта к последующей разработке землеройными и землеройно-транспортными машинами;
- машины для устройства траншей;
- машины для земляных работ при прочных и мерзлых грунтах.

Машины для рыхления прочных и мерзлых грунтов делят на рыхлители, землеройно-фрезерные и фрезы.

Рыхлители предназначены для послойного разрушения плотных, скальных и мерзлых грунтов перед разработкой их или погрузкой машинами для земляных работ общего назначения при отрывке котлованов, широких траншей, взламывании покрытий дорог и улиц, при строительстве водопроводов, канализации и газопроводов открытым способом. Рыхлители изготовляют навесными на трактор или одноковшовый экскаватор.

По характеру воздействия на прочный или мерзлый грунт различают рыхлители статического действия, виброударного и ударного.

Рыхлитель статического действия (рис. 5.4) для послойного рыхления грунта – навесное оборудование, установленное на задней части трактора, впереди которого навешено бульдозерное оборудование. Управление рабочим органом гидравлическое от раздельно-агрегатной системы трактора. Для возможности работы с трактором-толкачом крепят съемное буферное устройство.

Зубья заглубляются принудительно давлением, создаваемым гидроцилиндрами при поступательном движении машины до заданной глубины, а при дальнейшем движении машины производится рыхление грунта.

На некоторых рыхлителях устанавливают зубья активного действия с гидро- и пневмомолотами, обеспечивающие статико-динамическое воздействие на разрушаемый грунт. Машины с таким рабочим органом имеют производительность выше, чем машины статического действия.

На серийно выпускаемые гидравлические экскаваторы выпускают сменные рабочие органы – зубья-рыхлители, устанавливаемые вместо ковша на рукоять обратной лопаты.

Грунт разрушается методом резания или скола после зарезания зуба в грунт и поворота его на некоторый угол за счет упора задней плоскости.

Рыхление грунта производится методом резания или скола за счет упора задней плоскости зуба в целик грунта после его зарезания и поворота на некоторый угол.

При применении зубьев-рыхлителей, работающих по методу скола, производительность машины выше, а динамические нагрузки на механизм экскаватора меньше, чем при применении зубьев-рыхлителей, работающих по методу резания.

Для разработки в мерзлых грунтах траншей изготавливают зубья-рыхлители с боковыми открывками-ножами, формирующими стенки траншеи

Виброударные и ударные рыхлители разрушают грунт рабочим органом клиновидной формы при помощи виброударов и ударов (динамический метод).

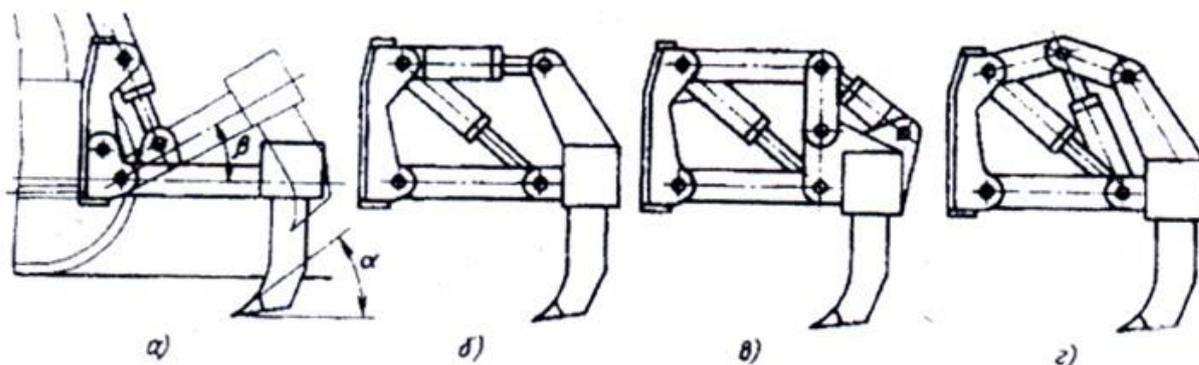


Рис. 5.4. Конструктивные схемы рыхлительного оборудования:  
 а – с трехзвенной подвеской; б, в, г – варианты параллелограммной подвески с изменением гидроцилиндром угла  $\alpha$  рыхления

**Рыхлитель виброударный** – навесное оборудование на трактор. Рабочий орган – долотчатый клин скалывает и разрушает грунт в результате вибрации и ударов. Вибромолот приводится в действие от вала отбора мощности трактора. Быстрое извлечение клина из грунта обеспечивается системой виброударного выбивания, срабатывающей автоматически.

Рыхлитель ударного действия – навесное оборудование на трактор или одноковшовый гидравлический экскаватор. Рабочий орган – клин – закреплен на молоте.

Полиспаг приводится в действие гидроцилиндром, размеры которого обеспечивают свободное падение молота.

Землеройно-фрезерные машины предназначены для послойного рыхления мерзлых грунтов и твердых пород.

Фрезы – навесной агрегат на трактор. Они предназначены для послойного фрезерования мерзлых грунтов в условиях низких температур при сооружении котлованов, траншей.

Грунт разрыхляется вращающимся ротором-фрезой, при поступательном движении машины. Привод ротор-фреза получает от вала отбора мощности трактора.

Фрезерные машины работают попеременно: сначала рыхлят грунт на заданную глубину ротором-фрезой, затем с помощью, бульдозерного отвала разрыхленный грунт убирают с полосы разработки и производят следующий проход.

При копании траншей в плотных и мерзлых грунтах применяют роторные и цепные траншейные экскаваторы непрерывного действия, на ковшах которых установлены резцы, приспособленные к разрушению грунта за счет усилий отрыва, а не резания.

Некоторые цепные траншейные экскаваторы оборудуют рабочим органом со скалывающими резцами и режущими профилями.

Более эффективно устройство траншей в мерзлых и плотных грунтах с применением баровых и дисковых щелерезных машин.

Баровые и дисковые щелерезные машины по бокам траншеи прорезают щели, а затем полосы грунта между ними разрабатывают одноковшовыми экскаваторами с оборудованием обратная лопата или траншейным экскаватором, непрерывного действия.

При широких траншеях прорезают две боковые щели и одну в середине, чтобы уменьшить ширину полосы грунта, разрабатываемого другими машинами. Баровые машины можно применять для копания траншей, равных ширине бара.

Баровые машины создают на базе тракторов, одноковшовых универсальных и цепных траншейных экскаваторов с одной, двумя и тремя наклонными режущими цепями-барами.

Принцип работы баровой машины подобен цепному траншейному экскаватору.

Бульдозерное оборудование (имеется только на машинах, базой которых являются тракторы) используют для планировочных работ, уборки разрушенного мерзлого грунта, засыпки траншей. Оно является противовесом барового рабочего оборудования.

Двух- и трехбаровые машины имеют соответственно два или три бара, устанавливаемые на нужное расстояние прорезаемых щелей.

У однодисковых щелерезных машин рабочим органом является ротор-диск с зубьями, у двухдисковых – два ротора-диска с зубьями.

Привод роторов, вращающихся с частотой 12...14 мин<sup>-1</sup>, осуществляется от вала отбора мощности.

Дисковые щелерезные машины имеют меньшую энергоемкость процесса- резания и большую долговечность рабочего органа по сравнению с баровыми, но очень громоздки, металлоемки, и глубина их копания составляет только около 0,5 диаметра ротора.

В стесненных условиях или при выполнении земляных работ на действующих предприятиях, когда нельзя применить буровзрывные работы или работу машин с предварительным рыхлением грунта, применяют одноковшовые экскаваторы с рабочим оборудованием прямая лопата, ковши которых имеют активные (виброударные, пневмоударные) зубья или активную режущую кромку и гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата с упорно-захватным устройством.

Ковш с активными зубьями в передней части имеет виброударный или пневмоударный механизм, благодаря которому в процессе резания зубья создают дополнительные динамические воздействия на грунт, и он разрушается с меньшими энергозатратами, чем при работе стандартными ковшами.

При земляных работах выполняют следующие основные операции: отделение части грунта от естественного массива, набор отделенной части в рабочий орган машины или накопление впереди него, перемещение грунта в заданное место и отсыпку в тело земляного сооружения, отвал и т.д. или погрузку в транспортные средства, планировку и уплотнение грунта.

Место набора грунта называется забоем, а место отсыпки – отвалом.

Применяют три основных способа разработки грунта:

➤ механический, при котором часть грунта отделяют от основного массива ковшовым или ножевым рабочим органом машины;

➤ гидравлический, когда грунт разрабатывают в сухих забоях струей воды, а в забоях под водой – потоком воды, путем засасывания землесосом (плотные грунты разрыхляют при этом механическим способом – рыхлителем);

➤ взрывной, при котором разрушают грунт и перемещают его в нужном направлении давлением газов, выделяемых взрывчатыми веществами при их сгорании.

Выбор способа разработки в значительной степени зависит от состава, механических и физических свойств грунта.

Основные свойства грунта, определяющие трудность их разработки – это средняя плотность, разрыхляемость, связность, липкость, водопроницаемость, водопоглощаемость, влажность, размываемость, устойчивость, сопротивление грунта резанию и копанию (при механическом способе) или удельный расход воды в кубических метрах на разработку 1 м<sup>3</sup> грунта (при гидравлическом способе).

Средняя плотность грунтов выражается обычно в кг/м<sup>3</sup> или т/м<sup>3</sup>.

Грунты в естественном залегании называют грунтами в плотном теле. При воздействии рабочего органа машины на грунт он разрыхляется и увеличивается в объеме.

*Разрыхляемость* – отношение объема, занимаемого грунтом после его разрыхления  $V_p$ , к первоначальному объему грунта в плотном – теле  $V_n$  называется коэффициентом разрыхления  $K_p$ .

$$K_p = V_p/V_n$$

По объему в плотном теле и коэффициенту разрыхления грунта устанавливают толщину снимаемого слоя (стружки) и путь набора грунта для 100%-ного наполнения рабочего органа, объем грунта, который можно погрузить в транспорт, площадь на отвал грунта и т.д.

*Связность* (взаимное сцепление частиц) характеризует способность грунта противостоять воздействию внешних сил, стремящихся разъединить его частицы. С увеличением связности растет удельное сопротивление грунта резанию и размыву.

*Липкость* (способность грунта прилипать к различным предметам) затрудняет набор связных грунтов во влажном состоянии в рабочий орган и его разгрузку.

От *водопроницаемости* (способности грунта пропускать воду) и *водопоглощаемости* (способности грунта поглощать воду) зависит влажность грунта. *Влажность* (отношение массы воды к массе сухого грунта в процентах) оказывает существенное влияние на связность, липкость и трудность разработки грунтов. Так, сухая глина требует большего усилия на рабочем органе для отделения ее слоя от массива, чем влажная, но обладает меньшей липкостью.

*Размываемость* (способность грунта разрушаться под действием воды, протекающей с определенной скоростью) определяет возможность разработки и транспортирования грунта гидравлическим способом.

*Устойчивость* (способность грунта держаться на откосе) часто определяет безопасность работы машины от возможных оползней; она характеризуется углом естественного откоса грунта и зависит от сцепления его частиц между собой.

Под *резанием грунта* понимается отделение некоторой его части от массива, а под *копанием* – комплекс процессов, связанных с резанием и перемещением вырезанной части грунта.

*Удельное сопротивление резанию* (отношение силы, под действием которой происходит резание, к площади поперечного сечения срезаемого слоя грунта – стружки) и *удельное сопротивление копанию* (отношение силы, под действием которой грунт вырезается и перемещается в рабочий орган или по рабочему органу, к площади поперечного сечения срезаемого слоя грунта – стружки) определяют толщину слоя (стружки) грунта, которую можно

снимать при его разработке данной машиной. Удельное сопротивление резанию и копанию измеряется в Па или МПа.

Грунты по трудности разработки механическим способом делятся на шесть групп:

I группа – растительный грунт, торф, пески и супеси;

II группа – лёссовидный суглинок, рыхлый влажный лёсс, гравий до 15 мм;

III группа – жирная глина, тяжелый суглинок, крупный гравий, лёсс естественной влажности;

IV группа – ломовая глина, суглинок с щебнем, отвердевший лёсс, мягкий мергель, опоки, трепел;

V и VI группы – скалы и руда, а также мерзлые глинистые и суглинистые грунты.

Каждый грунт по трудности разработки может входить в группу легкообрабатываемых грунтов одним методом и в группу труднообрабатываемых грунтов – другим методом.

Каким бы сложным ни был рабочий орган землеройной машины, его режущая часть всегда выполняется в виде клина, положение которого относительно грунтового массива и траектории движения характеризуется углами:

$\alpha$  – угол резания – между передней гранью клина и направлением резания;  $\beta$  – угол заострения клина – между передней и задней гранями ножа, измеренный в плоскости, нормальной к режущей кромке;  $\theta$  – задний угол резания – между задней гранью клина и вновь образованной поверхностью среза, измеренный так же, как и угол  $\beta$ ;  $\varphi$  – угол захвата – угол в плане между режущей кромкой и направлением резания (если  $\varphi = \pi/2$  – клин прямой, грунт перемещается только впереди клина; если  $\varphi < \pi/2$  – клин косой, грунт перемещается не только впереди клина, но и смещается вдоль него);  $\mu$  – угол зарезания – наклона клина в вертикальной плоскости, перекоса;  $\psi$  – угол скола грунта – между векторами абсолютной скорости стружки и скорости движения клина.

В зависимости от грунтовых условий, режима работы и геометрических параметров клина отделяемая от массива стружка может быть сливной, ступенчатой, элементной и стружкой отрыва; а в зависимости от числа закрытых боковых срезов резание бывает блокированным, полублокированным и свободным.

При углах скола  $\psi = 90^\circ - \alpha$  происходит уплотнение грунта,  $\psi = 90^\circ - \alpha/2$  – образование сливной стружки,  $\psi = 90^\circ - 0,5(\alpha - \varphi_r + \varphi_c)$  – сдвиг грунта;  $\varphi_r$  и  $\varphi_c$  – углы внутреннего и внешнего трения.

Во всех случаях взаимодействия рабочих органов с грунтом перед режущей кромкой возникает уплотненное ядро – тело из частиц грунта, обладающее повышенной прочностью и находящееся в трехосном напряженном состоянии. Уплотненное ядро может быть стабильным и

нестабильным, периодически разрушаясь и вновь образуясь. Именно через уплотненное ядро рабочий орган взаимодействует с внешней средой.

Для снижения энергоемкости разработки грунта целесообразно устанавливать оптимальные геометрические параметры рабочих органов с учетом конкретных грунтовых условий. Энергоемкость существенно снижается, когда, помимо непосредственной разработки грунта, создаются условия для его обрушения под действием собственного веса без дополнительной затраты энергии. Принцип обрушения грунта используется, например, в землеройно-фрезерных машинах и каналокопателях с комбинированными рабочими органами.

*Землеройно-транспортными машинами (ЗТМ)* называют машины, которые за счет тягового усилия послойно отделяют грунт от массива и транспортируют его к месту укладки в процессе передвижения самой машины. К ЗТМ относятся бульдозеры, скреперы, грейдеры, автогрейдеры, грейдер-элеваторы и струги.

Индекс (марка) землеройно-транспортных машин состоит из буквенной и цифровой частей. Буквенная часть указывает на принадлежность к определенному типу машин по назначению, а цифры обозначают порядковый номер регистрации по государственному реестру ставящейся на производство модели машины. После цифровой части индекса могут дополнительно стоять буквы (А, Б, В, ...), обозначающие очередную модернизацию машины, цифры, обозначающие модификацию модели, или буквы (Т, ТВ, ТС, ХЛ), указывающие на климатическое исполнение машины. Например, ДЗ-116АХЛ расшифровывается как машина дорожная для земляных работ, со 116 номером регистрации в пределах данной группы машин, подвергшаяся первой модернизации и изготовленная в исполнении для использования в зоне с холодным климатом.

*Бульдозер* представляет собой машину, состоящую из базового трактора или другой машины с навешенным на ней бульдозерным оборудованием.

Для навески бульдозерного оборудования обычно используются сельскохозяйственные и промышленные гусеничные тракторы следующих тяговых классов 3, 4, 6, 10, 15, 25, 35, а также колесные тракторы 0,9, 1,4, 3, 5 классов.

Бульдозеры применяют для послойной разработки и перемещения на небольшое расстояние (до 50...150 м) грунтов I...IV категорий, а также предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтов. Бульдозером можно выполнять различные работы: производить грубую планировку земель, возводить насыпи, делать выемки и котлованы, разравнивать грунт, отсыпaeмый другими машинами, штабелевать сыпучие материалы и торфокрошку, засыпать траншеи, временные оросительные каналы, котлованы, пазухи фундаментов зданий. В сочетании с экскаваторами бульдозеры используют на строительстве осушительных и оросительных каналов и на других работах. Применяют бульдозеры и на подготовительных

работах, для срезки и расчистки кустарника и мелколесья, корчевке небольших пней, уборке валунных камней с сельскохозяйственных угодий.

Рабочий цикл бульдозера состоит из копания грунта, его транспортирования, разгрузки и возвращения машины в забой. Скорость бульдозера при копании составляет 2,5...4,0 км/ч. В процессе работы при поступательном движении бульдозера вперед отвал опускается, при этом ножи врезаются в грунт и срезают слой грунта толщиной 15...20 см. Отделяемый от массива грунт отвалом перемещается к месту укладки.

Для увеличения производительности бульдозера существуют следующие эксплуатационные приемы:

- резание и транспортирование грунта под уклон;
- работа двух-трех бульдозеров, движущихся параллельно друг другу с интервалом между отвалами 0,3...0,5 м. В результате производительность увеличивается на 15...25 %;
- перемещение грунта с промежуточной отсыпкой, при этом производительность возрастает на 5...10 %, если грунт перемещать в два-три этапа, то есть грунт перемещается сначала на половину пути или 1/3, накапливается на этом промежуточном этапе до объема 100...200 м<sup>3</sup>, а затем перемещается дальше;
- перемещение грунта в траншею глубиной 40...60 см, при боковых валиках высотой 20...25 см позволяет увеличить производительность на 10...15 %;
- установка дополнительного рабочего оборудования на отвале бульдозера; открылок-уширителей; приспособления для рыхления грунта при движении задним ходом.

В строительстве и мелиорации бульдозеры выполняют около 35 % всех земляных работ.

*Классификация бульдозеров производится:*

- по назначению,
- по типу ходового устройства,
- по способу установки отвала,
- по номинальному тяговому усилию и мощности двигателя.

*По назначению* бульдозеры подразделяются на бульдозеры общего назначения, используемые для выполнения основных видов землеройно-транспортных и вспомогательных работ, и специальные, применяемые для выполнения целевых работ в специальных грунтовых или технологических условиях (бульдозеры-толкачи, подземные и подводные бульдозеры).

*По типу ходового устройства* бульдозеры бывают гусеничные и пневмоколесные.

*По способу установки отвала* бульдозеры подразделяются на бульдозеры с неповоротным и поворотным отвалом (универсальные).

Неповоротный бульдозерный отвал закреплен на толкающей раме под прямым углом к направлению движения трактора. При такой установке отвала

бульдозер работает на перемещении грунта, срезке неровностей грунта, выравнивании поверхности и рытье каналов.

Поворотный отвал бульдозера можно установить под углом 54...65° к продольной оси трактора, при этом отвал перемещает грунт в сторону по отношению к направлению линии движения бульдозера.

Бульдозеры с отвалом, установленным под углом к линии движения, широко применяются на разравнивании кавальеров осушительных каналов, на засыпке дренажных траншей и временных каналов системы орошения.

По номинальному тяговому усилию классифицируются гусеничные бульдозеры, а по мощности двигателя – колесные.

Главный параметр бульдозеров, бульдозеров-рыхлителей и бульдозеров-толкачей – *тяговый класс базового трактора*, который характеризует силу тяги, развиваемую при скорости 0,7...0,9 м/с и минимальном буксовании гусениц.

К основным параметрам бульдозера относят тяговый класс, мощность двигателя, массу, переднюю рабочую скорость движения и заднюю холостую, длину продольной базы ходовой части, колею гусениц или колес, ширину гусениц или размер шин колесного трактора, дорожный просвет (клиренс), радиус поворота, удельное давление на грунт, габаритные размеры.

Для перемещения относительно легких грунтов при разравнивании кавальеров открытых оросительных каналов, засыпки траншей, каналов, рвов, планировки торфяных полей и других работ применяют бульдозеры – *кавальероразравниватели*. Они отличаются повышенной проходимостью и увеличенными размерами отвала, выполняемого поворотным.

Бульдозеры-рыхлители представляют собой агрегаты, состоящие из бульдозера и смонтированного сзади рыхлительного оборудования.

Благодаря этому они могут работать как бульдозеры или рыхлители. У рыхлителей выделяют следующие основные параметры: высоту подъема и заглубления зуба, угол съезда, скорость подъема и опускания рыхлительного оборудования.

Производительность бульдозера при резании и копании грунта

$$P_{\text{экс}} = 3600qk_{\text{в}}/t_{\text{ц}},$$

где  $k_{\text{в}}$  – коэффициент использования бульдозера по времени, равный 0,8...0,9;

$q$  – объем грунта перед отвалом в плотном теле, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{ц}}$  – время цикла работы бульдозера.

*Скрепер* является самоходной или прицепной землеройно-транспортной машиной, рабочим органом которой является ковш на пневмоколесах, снабженный в нижней части ножами для срезания слоя грунта.

Скреперы предназначены для послойного срезания грунта с набором в ковш, транспортирования, послойной отсыпки, разравнивания и частичного уплотнения грунтов I...II категорий.

Скреперы широко применяются в строительстве для выполнения землеройно-транспортных и планировочных работ (рис. 5.5). С использованием скреперов можно выполнять инженерную подготовку территорий под застройку, планировку кварталов, возведение насыпей, разработку широких траншей и выемок под различные сооружения и искусственные водоемы, отсыпку и уплотнение дорожных насыпей.

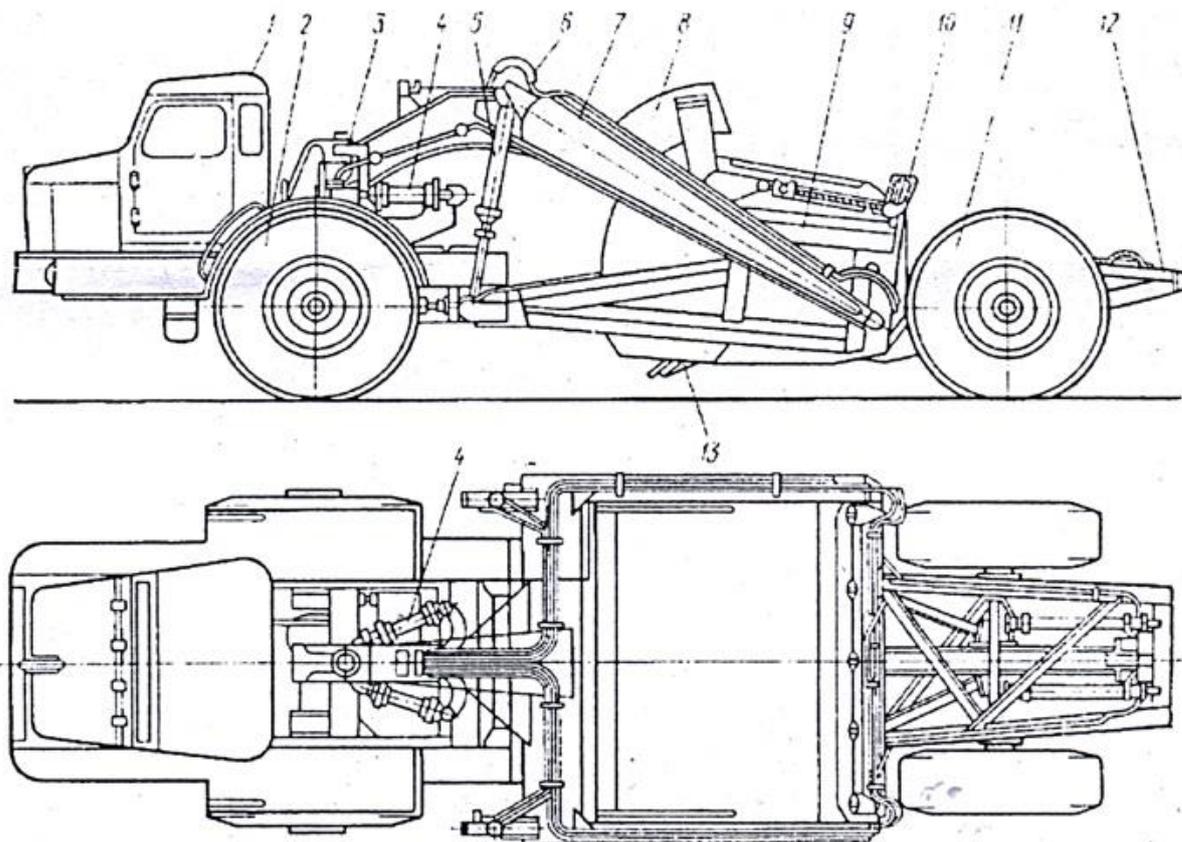


Рис. 5.5. Общий вид скрепера:

- 1 – кабина; 2 – колесо; 3 – седельно-сцепное устройство; 4 – гидроцилиндры поворота;  
 5 – гидроцилиндры подъема ковша; 6 – поперечная балка; 7 – упряжные тяги;  
 8 – заслонка; 9 – ковш; 10 – задняя стенка; 11 – заднее колесо; 12 – задняя рама; 13 – нож

Наиболее эффективно скреперы работают на не переувлажненных средних грунтах не содержащих крупных каменистых включений. При разработке скреперами тяжелых грунтов их предварительно рыхлят на толщину срезаемой стружки.

Рабочий цикл скрепера состоит из следующих операций: резание грунта и наполнение ковша, транспортирование грунта, выгрузка (отсыпка) грунта, обратный холостой ход.

*Скреперы классифицируют по:*

- вместимости ковша,
- по способу загрузки ковша,
- по способу разгрузки ковша,

- по способу агрегатирования,
- по способу управления рабочим органом.

По вместимости ковша скреперы подразделяются – до 5 м<sup>3</sup> – малой емкости, 5...15 м<sup>3</sup> – средней, свыше 15 м<sup>3</sup> – большой емкости.

По способу загрузки ковша различают скреперы, загружающиеся под воздействием силы тяги при движении машины; с механизированной (элеваторной) загрузкой.

По способу разгрузки ковша бывают скреперы со свободной (самосвальной) разгрузкой вперед или назад; с полупринудительной разгрузкой; с принудительной разгрузкой.

По способу агрегатирования различают скреперы прицепные к гусеничным или колесным тракторам и тягачам; полуприцепные одноосные, передающие часть нагрузки двухосному колесному тягачу, колесному или гусеничному трактору; самоходные пневмоколесные или гусеничные, у которых тягач и скрепер представляют собой единую машину и использование тягача без скрепера невозможно; самоходные скреперные поезда, состоящие из двух или более агрегатов.

По способу управления различаются скреперы с гидравлическим и электрогидравлическим управлением.

Преимуществом прицепных скреперов с гусеничными тракторами является высокая проходимость, обеспечивающая работоспособность машины на влажных грунтах, на затяжных и крутых подъемах, в тяжелых условиях бездорожья. Однако низкие транспортные скорости тракторов (10...13 км/ч) ограничивают экономически целесообразную дальность транспортировки грунта до 500...800 м. Самоходные скреперы более маневренные, мобильные и более производительные по сравнению с прицепными машинами той же вместимости. Дальность транспортировки грунта самоходными скреперами экономически эффективна до 5 км. Главный параметр скреперов – *вместимость ковша*.

Основные параметры скрепера – вместимость ковша, ширина режущей кромки ковша, величина заглубления, толщина отсыпаемого слоя грунта, скорость движения скрепера при наборе и при транспортировании грунта, габаритные размеры скрепера и его масса.

Производительность скрепера при резании грунта естественного залегания

$$P_{\text{экс}} = 3600qk_{\text{в}}k_{\text{н}}/(k_{\text{р}}t_{\text{ц}}),$$

где  $k_{\text{в}}$  – коэффициент использования скрепера по времени, равный 0,8...0,9;

$t_{\text{ц}}$  – продолжительность рабочего цикла скрепера, с.

Повысить производительность скреперов можно путем применения рациональных приемов при резании грунта и наполнении ковша, при использовании тракторов – толкачей (для прицепных и полуприцепных скреперов) и сокращения рабочего цикла.

*Грейдеры и автогрейдеры* являются землеройно-транспортными машинами послойной разработки грунта и предназначены для планировки и профилирования поверхности грунта, возведения невысоких насыпей, перемещения грунта и дорожно-строительных материалов, планировки откосов, выемок и насыпей, устройства земляных корыт и боковых канав, смешивания грунтов с добавками органических и минеральных вяжущих материалов на полотне дороги а также для очистки дорог и площадей от снега.

Грейдеры и автогрейдеры широко применяют в дорожном строительстве как основные машины для выполнения земляных работ, начиная с подготовительных и кончая профилированием земляного полотна; при ремонте и содержании автомобильных дорог; при строительстве железных дорог и аэродромов; в гидротехническом и мелиоративном строительстве.

Грейдеры и автогрейдеры, имеют рабочий орган, выполненный в виде отвала с ножом. Расположение отвала автогрейдера между передними и задними колесами отвала дает им существенное преимущество – позволяет выполнять точные планировочные работы.

Автогрейдеры могут иметь дополнительное бульдозерное рабочее оборудование, а также рыхлительное оборудование (кирковщик) и грунтоуплотняющее оборудование (вальцовый каток).

Грейдеры бывают прицепными, полунавесными и самоходными (автогрейдеры). Полунавесной грейдер отличается от прицепного в основном отсутствием передней оси и поэтому меньшей базой и лучшей маневренностью. Прицепные и полунавесные грейдеры предназначены для работы в сцепе с гусеничными тракторами. Основные преимущества прицепных грейдеров – их простота и невысокая стоимость.

Автогрейдеры обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с прицепными грейдерами:

1. Автогрейдер обслуживает один грейдерист (для этой же работы прицепной машины требуется двое – грейдерист и тракторист).

2. Работа грейдериста на прицепной машине требует больших физических усилий.

3. Автогрейдер может передвигаться с одного объекта на другой с транспортной скоростью 30...45 км/ч, причем по дорогам с усовершенствованным покрытием. Прицепные грейдеры с гусеничными тракторами перемещаются со скоростью 8...10 км/ч, причем только по грунтовым дорогам.

В зависимости от тягового класса трактора агрегируемого с грейдером они подразделяются на легкие – тяговый класс 3...4 (рабочая скорость 2...4 км/ч) и тяжелые – тяговый класс 10...15 (рабочая скорость 2...3,5 км/ч).

Автогрейдеры классифицируют по мощности установленного двигателя, конструкции рабочего органа, типу трансмиссии и колесной схеме.

*По мощности двигателя* автогрейдеры делятся на классы: класс 100 – мощность двигателя 45...75 кВт; класс 140–80...120 кВт; класс 180–120...160

кВт; класс 250–160...220 кВт. Автогрейдеры класса 100 относят к легкому типу, класса 140 – среднему, класса 180 – полутяжелому, класса 250 – тяжелому типу.

*По конструкции рабочего органа* различают автогрейдеры с неполноповоротным в плане грейдерным отвалом (угол поворота  $\pm (32...45^\circ)$ ) и автогрейдеры с полноповоротным отвалом.

*По типу трансмиссии* различают автогрейдеры с механической и гидромеханической трансмиссией.

Для характеристики ходовой части автогрейдера применяют колесную формулу  $A \times B \times V$ , где  $A$  обозначает число осей с управляемыми колесами;  $B$  – число осей с ведущими колесами;  $V$  – общее число осей. Наиболее распространены следующие колесные формулы:  $1 \times 2 \times 3$ ,  $2 \times 2 \times 2$  и  $1 \times 1 \times 2$ .

Автогрейдеры с тремя осями ( $1 \times 2 \times 3$ ) отличаются устойчивым прямолинейным движением, что является их существенным преимуществом при больших объемах планировочных работ на длинных участках.

Главными параметрами автогрейдеров являются мощность двигателя и масса.

К основным параметрам этим параметрам автогрейдера относят мощность двигателя, скорость движения автогрейдера, параметры отвала (длина, высота, величина заглубления, высота подъема, величина бокового выноса), габаритные размеры автогрейдера, эксплуатационную массу.

Производительность грейдера

$$P_{\text{экс}} = 3600qk_{\text{в}}/t_{\text{ц}}$$

*Грейдер-элеваторы* – высокопроизводительные землеройно-транспортные машины непрерывного действия, применяемые в авто, железнодорожном, гидротехническом и ирригационном строительстве для послойной разработки грунта с перемещением его в отвал или транспортные средства. Грейдер-элеваторы – машины непрерывного действия разрабатывают грунты I, II и III категорий. Плотные грунты необходимо предварительно рыхлить.

В сухих сыпучих песках, переувлажненных глинистых грунтах, а также в грунтах, содержащих корни деревьев и валуны, грейдер-элеваторы не применяют. При длине гона менее 300 м применение грейдер-элеваторов нецелесообразно.

Грейдер-элеваторы бывают:

- прицепные;
- полуприцепные;
- самоходные;
- навесные в виде сменного оборудования к автогрейдерам.

*По типу рабочего органа* грейдер-элеваторы разделяют на машины с дисковыми ножами, которые могут быть поворотными или неповоротными, с совковыми и с полукруглой режущей кромкой (струги-метатели).

По расположению конвейера грейдер-элеваторы разделяют на машины с поперечным или диагональным расположением конвейера, с одним или двумя поворотными конвейерами и машины с грунтометателем.

Грейдер-элеваторы выпускают со следующими типами приводов:

- гидравлическим;
- механическим;
- многомоторным дизель-электрическим.

Грейдер-элеватор состоит из ходовой части, основной рамы, плужной балки, рабочего органа, ленточного конвейера, трансмиссии, привода конвейера, силовой установки и механизмов управления.

Ходовое устройство состоит из двух или четырех пневматических колес. Ленточный конвейер длиной 8,5...9,5 м предназначен для перемещения срезанного грунта в отвал или транспортное средство.

Слово экскаватор (от латинского *excavo* – долбить) означает буквально «выдалбливатель». Эта машина предназначена для копания и перемещения грунта из забоя в транспортное средство или в отвал.

*Экскаватор* – основной тип землеройных машин, применяемых для производства земляных работ в гидротехническом и мелиоративном строительстве.

Все экскаваторы разделяются на две группы: одноковшовые – периодического или циклического действия и многоковшовые – непрерывного действия.

Одноковшовый экскаватор был изобретен американским инженером У. Оттисо в 1834 г. и использовался при постройке железной дороги Балтимор–Огайо.

В 1845–1851 гг. при постройке железной дороги Москва–Петербург применялись экскаваторы.

С 1901–1903 гг. на Путиловском заводе были созданы первые отечественные конструкции экскаваторов (механических лопат) на железнодорожном ходу с ковшами емкостью 1,9 и 2,3 м<sup>3</sup>.

В настоящее время одноковшовые экскаваторы в Республике Беларусь выпускаются Кохановским экскаваторным заводом.

*Одноковшовые экскаваторы* являются универсальными машинами многоцелевого назначения. Их широко применяют на различных земляных работах для разработки карьеров строительных материалов, на погрузке в транспорт сыпучих и кусковых материалов, а с помощью сменного оборудования ими осуществляют различные мелиоративные и строительные операции. Универсальные экскаваторы классифицируют по номинальной вместимости ковша – размерной группе, конструкции ходового оборудования, возможности вращения поворотной части, типу привода, исполнению и виду рабочего оборудования.

Следует отметить, что универсальные одноковшовые экскаваторы унифицированы со стреловыми кранами по отдельным элементам ходового оборудования, трансмиссии и рабочему оборудованию.

Одноковшовые экскаваторы бывают универсальными строительными (емкостью ковша 0,15...2,5 м<sup>3</sup> и 2,5...4 м<sup>3</sup>), вскрышными (6 м<sup>3</sup> и выше) и туннельными. В мелиоративном и дорожном строительстве применяют в основном универсальные экскаваторы с ковшем емкостью до 3,2 м<sup>3</sup>.

*По типу ходового оборудования* одноковшовые экскаваторы разделяют на гусеничные, пневмоколесные на специальном шасси, на шасси грузовых автомобилей массового производства, на тракторах (навесные), шагающие, плавучие.

*По возможности вращения поворотной части* экскаваторы бывают: полноповоротными, с вращением поворотной части вокруг вертикальной оси, и неполноповоротными, угол вращения которой ограничен (для навесного оборудования смонтированного на тракторах).

*По роду силовой установки* экскаваторы делятся на машины с двигателем внутреннего сгорания, электродвигателем и с дизель-электрическим приводом.

*По типу силовой передачи от двигателя к рабочему органу и к ходовому оборудованию* экскаваторы разделяют на машины с механической, гидравлической и гидромеханической трансмиссией.

*По числу двигателей* одноковшовые экскаваторы делятся на одномоторные и многомоторные.

Для одноковшовых экскаваторов принята определенная буквенная индексация (ЭО). После буквенного индекса следует цифровое обозначение модели. Первая цифра указывает размерную группу экскаватора (емкость ковша, мощность двигателя, эксплуатационная масса экскаватора). Вторая цифра указывает на тип ходового оборудования (гусеничное, пневмоколесное, самоходное шасси и др.) Третья – исполнение рабочего оборудования (с гибкой, жесткой или телескопической подвеской). Четвертая – порядковый номер модели данного типоразмера экскаватора. При модернизации после цифрового обозначения добавляют буквы, по порядку алфавита.

Например, марка ЭО-4121А обозначает: экскаватор одноковшовый, 4 – размерная группа экскаватора, 1 – гусеничное ходовое оборудование, 2 – с жесткой подвеской рабочего оборудования, 1 – первая модель, А – первая модернизация.

Универсальность экскаваторов, их многоцелевое назначение обеспечивается применением различных видов сменного оборудования.

Рабочее оборудование для разработки грунта выше уровня стоянки с укрепленным на напорной рукояти ковшем, копающим в направлении от экскаватора, называют прямой лопатой.

Рабочее оборудование для разработки грунта ниже уровня стоянки с укрепленным на рукояти ковшем, копающим в направлении к экскаватору, называют обратной лопатой. Боковая обратная лопата предназначена для работы в стесненных условиях с ковшем, копающим в вертикальной

плоскости, смещенной относительно вертикальной оси вращения поворотной платформы или относительно продольной оси базовой машины.

Рабочее оборудование, из узлов которого может быть смонтирована прямая или обратная лопата, называется универсальной лопатой.

*Погрузочный ковш* служит для погрузки сыпучих и кусковых материалов. Ковш заполняется напорным усилием с одновременным поворотом при его движении от экскаватора или с одновременным перемещением экскаватора. Погрузочный ковш имеет в 2...3 раза большую вместимость по сравнению с прямой лопатой для одной и той же модели экскаватора, что позволяет существенно повышать его производительность на погрузочных работах.

*Планировочное оборудование* в виде уширенного ковша или отвала бульдозерного типа монтируют на универсальной стреле экскаватора для послойной разработки грунта, планировки откосов, насыпей и выемок в различных плоскостях. Для специальных планировочных работ с рабочим органом, который укрепляют обычно на телескопической стреле, изменяющей при работе свою длину и поворачивающейся к своей продольной оси, выпускают специальные экскаваторы-планировщики с различными рабочими органами для земляных, планировочных и зачистных работ.

*Драглайн* применяют при разработке грунта ниже уровня стоянки экскаватора. Глубина копания, высота разгрузки ковша и расстояние, на которое может быть заброшен ковш (радиус копания) драглайна, значительно больше, чем у прямой и обратной лопаты. Поэтому драглайн используют для рытья сравнительно больших котлованов и траншей, а также для отсыпки насыпей.

Часто для очистки каналов применяют боковой драглайн с ковшом, подвешенным на канатах и копающим под углом к вертикальной плоскости стрелы.

*Грейфер* применяют для разработки грунтов, расположенных ниже и выше уровня стоянки экскаватора (рытье глубоких котлованов, очистке прудов и каналов), для погрузки и разгрузки сыпучих материалов. Грейферы бывают канатные и гидравлические. У канатного грейфера усилие напора ковша на грунт создается только весом ковша и динамическим ударом при опускании. Для разработки плотных и слежавшихся грунтов применяют жесткий (гидравлический) грейфер, у которого усилие напора осуществляется системой рычагов и гидравлическими цилиндрами.

*Крановое оборудование* используют при выполнении разнообразных погрузочно-разгрузочных, такелажных и реже – монтажных работ. Стрелу для крана используют такую же, что и для драглайна, с такой же схемой ее подвески. В некоторых случаях на верхней части стрелы монтируют гусек, который позволяет увеличивать высоту подъема груза и подавать его на большое расстояние.

Мини-экскаваторы представляют собой уменьшенный вариант обычного гидравлического экскаватора с эксплуатационной массой не более 6 т имеющие вместимость ковша обратной лопаты до 0,2 м<sup>3</sup>.

Мини-экскаваторы применяются при небольших объемах работ, там, где применять крупногабаритную технику экономически нецелесообразно. Мини-экскаваторы подходят для создания нулевого цикла коттеджей, рытья небольших траншей для газо- и водопроводов, для электрических кабелей и линий связи. Данные экскаваторы могут снабжаться набором быстросъемного рабочего оборудования для комплексной механизации работ в строительстве.

В настоящее время мини-экскаваторы в основном представлены зарубежными марками и маркой ЭО-112М выпускаемой Челябинским тракторным заводом.

Анализ более 150 конструкций одноковшовых экскаваторов массой до 5 т, созданных в мире. Показал, что между массой этих экскаваторов и другими их параметрами существует вероятностные зависимости: между массой экскаватора и мощностью двигателя:

$$P = 6,4m_{\text{экс}}$$

А между массой и вместимостью ковша:

$$q = 0,04m_{\text{экс}}$$

Поэтому, учитывая зарубежный опыт в этой области, экскаваторы массы до 1,5 т могут быть отнесены к так называемым микро-экскаваторам, а массой 1,5...3 т к мини-экскаваторам, и 3...6 т к малогабаритным экскаваторам. Эти экскаваторы могут быть отнесены в новую 0<sup>ю</sup> размерную группу, предшествующую 1 размерной группе одноковшовых экскаваторов. При этом вводится знак размерности группы «0» и знак размерности подгрупп «М» с соответствующими индексами 1, 2 и 3, т. е. микро-экскаваторы относятся к размерной подгруппе М1, мини-экскаваторы – к подгруппе М2, малогабаритные экскаваторы к размерной подгруппе М3.

*По типу ходового оборудования* мини-экскаваторы разделяют на гусеничные с металлическими или резиновыми гусеницами.

У мини-экскаваторов небольшой массы применяется шасси с изменяемой колеей. Делается это с помощью гидропривода. В транспортном положении колея меньше, что позволяет перевозить машину на легковом прицепе, въезжать в узкие ворота и даже в дверные проемы помещений. В рабочем положении колея больше, чтобы экскаватор был устойчивее.

*По расположению двигателя* эти машины могут быть – с задним и боковым расположением двигателя.

*Производительность одноковшовых экскаваторов* зависит от многих факторов: конструкции машины, времени (продолжительности) рабочего цикла, являющихся базовой характеристикой экскаватора, состояния и

качества грунта и забоя, уровня организации производства земляных работ, квалификации машиниста и др.

Теоретическую производительность одноковшового экскаватора ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) определяют по формуле:

$$P_T = qn,$$

где  $q$  – геометрический объем ковша,  $\text{м}^3$ ;

$n$  – конструктивно-расчетное число рабочих циклов за 1 ч работы;

$$n = 3600/t_{\text{ц}},$$

$t_{\text{ц}}$  – теоретическая (расчетная) продолжительность рабочего цикла, включая копание, поворот для выгрузки ковша, выгрузку, поворот в забой и опускание ковша, с,  $t_{\text{ц}} = 15$  с для малых и до 60 с для больших экскаваторов.

Техническая производительность экскаватора учитывает коэффициент наполнения ковша, влияние разрыхления грунта и продолжительность цикла.

Для определения технической производительности экскаватора используют формулу:

$$P_{\text{тех}} = P_T(K_H/K_p)$$

где  $K_H$  – коэффициент наполнения ковша грунтом;

$K_p$  – коэффициент разрыхления грунта.

Коэффициент наполнения ковша прямой лопаты в зависимости от группы грунта и его состояния принимают  $k_H = 1,05 \dots 1,2$ , для драглайна  $k_H = 0,9 \dots 1,15$ .

Эксплуатационная производительность экскаватора определяется с учетом потерь времени, нарушающих непрерывность его работы, по формуле:

$$P_{\text{экс}} = P_{\text{тех}}k_Bk_Y,$$

где  $k_B$  – коэффициент использования машины по времени,  $k_B = 0,85 \dots 0,95$ ;

$k_Y$  – коэффициент влияния качества системы управления машины и квалификации машиниста. Это коэффициент при средней квалификации машиниста экскаватора может быть принят: для ручного управления  $k_Y = 0,81$ ; для управления с помощью сервомеханизмов  $k_Y = 0,86$ , для мощных машин  $k_Y = 0,98$ .

Средняя эксплуатационная годовая производительность одноковшовых экскаваторов в зависимости от климатических и других условий работы колеблется от 100 до 200 тыс.  $\text{м}^3$  и более в год на 1  $\text{м}^3$  объема ковша.

Экскаваторы, непрерывно разрабатывающие и транспортирующие грунт в отвал или транспортное средство, называются экскаваторами непрерывного действия.

Совмещение и непрерывность рабочих процессов отличают экскаваторы непрерывного действия от землеройных машин циклического действия, таких, как, например, одноковшовые экскаваторы или скреперы, у которых копание и транспортирование грунта производится периодически и последовательно.

Совмещение рабочих процессов и непрерывная разработка грунта в течение всего рабочего времени обеспечивают высокую выработку землеройных машин непрерывного действия и повышение производительности труда.

Экскаватор непрерывного действия имеет непрерывно копающий рабочий орган, цепной или роторный, рабочие элементы которого один за другим разрабатывают грунт и выносят его к транспортирующим устройствам. Рабочими элементами экскаваторов непрерывного действия являются ковши, скребки или резцы. Для обеспечения непрерывной работы машины рабочий орган должен постоянно перемещаться. Характер этого перемещения в сочетании с типом рабочего органа является основным отличительным признаком, по которому классифицируют экскаваторы непрерывного действия.

У экскаваторов продольного копания, плоскости перемещения органа и движения ковшей или скребков совпадают; у экскаваторов поперечного копания – плоскость движения ковшей перпендикулярна плоскости движения рабочего органа; у экскаваторов радиального копания – ковши движутся в вертикальной плоскости, а сам рабочий орган совершает поворотное движение относительно вертикальной оси.

*Экскаваторы продольного копания* цепные и роторные имеют основное исполнение – траншейное и видоизменения его с дополнительным оборудованием для укладки дрен и прокладки каналов. Двухроторные, плужно-роторные и шнекороторные предназначены для рытья каналов.

*Экскаваторы поперечного копания* имеют два основных исполнения – карьерное и мелиоративное.

*Экскаваторы радиального копания*, или, как их часто называют, роторные стреловые экскаваторы, предназначены для карьерных и добычных работ.

Для экскаваторов непрерывного действия принята определенная буквенная индексация. После буквенного индекса следует цифровое обозначение модели. Для экскаваторов траншейных (ЭТР и ЭТЦ); первые две цифры – глубина копания (в дм), третья – порядковый номер модели; для экскаваторов роторных стреловых: первые три цифры – объем ковша (в л), а четвертая – порядковой номер модели; для экскаваторов поперечного копания: первые цифры – объем ковша (в л), третья цифра – порядковый номер модели. При модернизации после цифрового обозначения добавляют буквы. По порядку алфавита.

Например, индекс ЭТР-201А обозначает: экскаватор траншейный роторный, первые две цифры глубина копания в дециметрах – 20, первая модель – 1, первая модернизация – А.

К недостаткам экскаваторов непрерывного действия относятся малая универсальность (узкая специализация) и сложность конструкции.

Современные траншейные экскаваторы относятся к числу наиболее эффективных и высокопроизводительных землеройных машин. По сравнению, например, с одноковшовыми экскаваторами они имеют вдвое большую производительность. Траншея, отрытая с их помощью, имеет заданные размеры и ровные стенки. На дно траншеи просыпается незначительная часть грунта.

В зависимости от условий работы траншейные экскаваторы выполняются на пневмоколесном или гусеничном ходу.

Основными достоинствами траншейных экскаваторов на пневмоколесном ходу являются маневренность, возможность передвигаться с высокой транспортной скоростью по шоссейным дорогам. Их недостатками являются высокое удельное давление на грунт, низкая проходимость, коэффициент сцепления с грунтом.

По условиям лучшей проходимости и возможности реализации большей тяговой силы, наибольшее распространение получили траншейные экскаваторы на гусеничном ходу.

Недостатки этих экскаваторов – малая транспортная скорость при переездах на другой производственный объект.

*Траншейные экскаваторы различаются:*

- по глубине и ширине копания,
- по мощности силовой установки,
- по производительности,
- по массе рабочего оборудования и соответственно по общей массе машины,
- по удельному давлению на грунт.

В конструкции всех траншейных экскаваторов можно выделить три основные группы:

- рабочее оборудование, включающее рабочий орган и отвальное устройство.
- ходовое оборудование, состоящее из ходового механизма с приводом рабочего и транспортного хода платформы с кабиной, силовой установки и других узлов.
- вспомогательное оборудование, состоящее из механизма подъема, опускания рабочего органа и транспортирующего устройства.

Цепной траншейный экскаватор представляет собой самоходную землеройную машину непрерывного действия на гусеничном или пневмоколесном ходу. Эти экскаваторы относятся к неповоротным машинам продольного, копания. Как правило, при работе их передвижение

осуществляется вдоль оси отрываемой выемки, при этом рабочее оборудование находится сзади кабины.

К достоинствам траншейных цепных экскаваторов относятся: возможность отрывки траншей сравнительно большой (3 м и более) глубины; небольшие габаритные размеры и масса рабочего оборудования и машины в целом.

Их серьезным недостатком является: низкий КПД цепного рабочего органа, не превышающий при работе в абразивной среде значения 0,6.

Основными частями траншейного цепного (ЭТЦ-165, ЭТЦ-208) экскаватора являются: бесконечная цепь с ковшами или скребками, огибающая ковшовую стрелу, на которой крепятся ведущая натяжная звездочки и опорные ролики; опорная рама, на которой размещены двигатель, трансмиссия, кабина и система управления; ходовое оборудование; отвальное устройство – метатель, ленточный или скребковый конвейер.

Экскаватор ЭТЦ-165 на базе пневмоколесного трактора Беларус 82 предназначен для отрывки траншей прямоугольного профиля под укладку электрических кабелей связи и трубопроводов различного назначения в минеральных грунтах I-II категорий без каменистых включений. С помощью бульдозерного отвала выполняются мелкие планировочные работы и засыпка траншеи. Конструкцией экскаватора предусмотрена возможность установки специального оборудования для разработки мерзлого грунта.

Техническая производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) определяется количеством грунта разрабатываемого за один час чистой работы при полном использовании технических возможностей машины, и зависит от объема ковшей  $q$  ( $\text{м}^3$ ), числа разгрузок в час ( $60n$ ), коэффициента разрыхления грунта ( $K_p$ ) и коэффициента наполнения ковшей ( $K_n$ ):

$$P_{\text{тех}} = q 60n (K_n / K_p)$$

В некоторых случаях для увеличения производительности на легких грунтах применяют сменные ковши большей вместимости или сменные козырьки, увеличивающие емкость ковшей.

Для обеспечения высокой производительности необходимо так же, что бы ковши очищались от налипающего грунта и опорожнялись полностью, а двигатель работал в нормальном режиме полной нагрузки, но не перегружался. При этом будет обеспечено полное использование объема ковша и наибольшее число ссыпок.

Эксплуатационная производительность  $P_{\text{экс}}$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), т.е. с учетом простоев по организационным причинам определяется:

$$P_{\text{экс}} = P_{\text{тех}} k_{\text{в}},$$

где  $k_{\text{в}}$  – коэффициент использования машины по времени,  $k_{\text{в}} = 0,5 \dots 0,75$ .

Гидромеханизация – это способ производства земляных работ с применением гидравлических и гидромеханических машин, при котором разработка, транспортирование и укладка грунта в тело сооружения осуществляются за счет энергии потока или струи воды. Этим способом в гидротехническом строительстве используется для возведения плотин и дамб, насыпей, разработке котлованов, при дноуглубительных работах на каналах, реках, водоемах, очистке регулирующей сети от наносов и растительности, добыче инертных материалов и полезных ископаемых, при вскрышных работах на карьерах и др.

Успешное использование средств гидромеханизации возможно при наличии источника воды, электроэнергии, места для размещения дамб обвалования, а также грунтов и пород, обладающих способностью размываться.

Существуют следующие способы работ при гидромеханизации: гидромониторная разработка грунтов, гидротранспорт грунта и разработка грунта земснарядами.

Основными средствами гидромеханизации служат гидромониторы, грунтовые насосы, гидроэлеваторы и плавучие землесосные установки.

Основные достоинства средств гидромеханизации:

- высокие технико-экономические показатели;
- более низкая стоимость земляных работ (более чем на 20...25 %);
- небольшая масса и простота изготовления оборудования;
- высокая плотность укладки пород при намыве;
- высокая выработка на каждого рабочего.

К недостаткам способа производства земляных работ средствами гидромеханизации относятся:

- значительные затраты воды и электроэнергии;
- зависимость эффективности средств гидромеханизации от характера разрабатываемой породы;
- потребность в больших площадях для размещения отвалов;
- снижение эффективности работ при отрицательной температуре, а в ряде случаев и прекращение работ.

При разработке грунта гидравлическим методом образуется механическая смесь воды с частицами грунта, которая называется пульпой. Количество воды, необходимое для размыва и транспортирования 1 м<sup>3</sup> грунта, называется удельным расходом воды.

*Гидромониторы* относятся к основному оборудованию гидромеханизации. Они служат для создания плотных, компактных напорных струй воды, которые разрушают и смывают грунты, горные породы и другие материалы.

Назначение гидромонитора – направлять поступающую по трубопроводу воду в различные точки забоя в виде струи с максимальной скоростью движения и соответствующим давлением, необходимым для размыва данного грунта. Конструкция гидромонитора должна иметь

минимальную массу, быть простой в управлении и надежной в работе, давать компактную мощную струю.

Современные гидромониторы классифицируют по следующим основным признакам:

- по способу управления – ручные и с дистанционным управлением;
- по способу передвижения – самоходные и несамоходные;
- по давлению – низкого (до 0,5 МПа), среднего (0,5...1,2 МПа) и высокого (более 1,2 МПа) давления;
- по расположению к забою – ближнего и дальнего боя.

Каждый гидромонитор снабжается комплектом сменных насадков для получения требуемой скорости струи при разработке грунтов различной прочности: при диаметре входного отверстия 100 мм – диаметр насадков 17...25 мм, при 250 мм – 51...125 мм.

При сохранении требуемого расчетного расхода воды разрушающая скорость струи должна быть не менее 10...12 м/с для песка, 18...25 м/с для супесей и суглинков, 30...35 м/с для глин.

Современные гидромониторы имеют расход до 4500 м<sup>3</sup>/ч, и, кроме гидравлического, могут иметь ручное и дефлекторное управление.

*Грунтовые насосы* (землесосы) – разновидность центробежных насосов с односторонним всасыванием – предназначены для перекачки пульпы. Землесосы отличаются от обычных водяных центробежных насосов тем, что корпус и рабочее колесо (3...6 лопастей) рассчитаны на пропуск воды с грунтом, имеющим крупные каменистые включения, и изготавливаются из износостойких материалов.

Размыв начинается около стенок наконечника и быстро увеличивается вглубь, образуя воронку всасывания. Грунт в вихревых потоках засасывается в трубу.

Для всасывания частиц грунта необходимо преодолеть сопротивление сил тяжести частиц грунта и сопротивление сил зажатия частиц грунта соседними частицами. Свободно всасывающие наконечники могут разрабатывать только несвязные грунты.

На твердых связных грунтах для облегчения его размыва применяют рыхлительные устройства, образующие со всасывающим наконечником земснаряда грунтоприемник. В качестве рыхлителей используют гидромониторы, фрезерные, фрезерно-гидравлические, роторно-ковшовые, ротационные, винтовые, черпаковые, гидравлические, гидроэжекторные и др.

Поступательное и поперечное перемещение земснаряда в процессе разработки забоя называется папильонированием. В начале работы земснаряд имеет поперечное перемещение в одном направлении, потом осуществляется подача вперед, после чего земснаряд изменяет направление поперечного перемещения.

Для рабочего перемещения по забою земснаряды оборудованы папильонажными лебедками и свайным ходом. Свайный ход современных земснарядов бывает двух типов: простой и роторно-напорный.

В некоторых конструкциях земснарядов применяют тросовое папильонирование по траншейной, параллельной, багермейстерской, крестовой и другим схемам.

Современные земснаряды различаются также по часовой производительности по грунту ( $\text{м}^3\text{ч}$ ):

- особо малые (до 50);
- малые (50...200);
- средние (200...500);
- крупные (500...1000);
- и особо крупные (более 1000).

Разработанные землеройными машинами и отсыпанные в насыпи земляных сооружений грунты подвергаются частичному уплотнению ходовым оборудованием машин. Однако сооружение в целом не обладает достаточной прочностью, характеризуется большой объемной сжимаемостью, повышенной фильтрационной способностью и неустойчивым статическим равновесием.

Различают следующие способы искусственного улучшения свойств грунтов:

- отсыпка грунта естественной влажности в воду;
- замочка насыпей и грунта естественного залегания;
- уплотнение укатыванием, трамбованием, вибрированием или комбинированным воздействием;
- уплотнение массивом свай и взрывом;
- обезвоживание (осушение грунтов);
- укрепление грунтов физико-механическими способами, цементацией, обжигом, кольматацией, смолизацией, обработкой химическими реактивами, замораживанием и др.

Каждый из них имеет свою эффективную область применения и зависит от характера сооружения, объема работ, времени года и сроков строительства, физико-механических свойств исходного грунта и требований к качеству уплотнения, наличия и технических возможностей машин. В конечном итоге вопрос о выборе способа решается технико-экономическим обоснованием.

По принципу действия различают грунтоуплотняющие машины статического и динамического действия, а по исполнению рабочих органов они подразделяются на катки, трамбуемые и вибрационные машины с многократным приложением нагрузки.

Катки (рис. 5.6-5.7) относятся к наиболее распространенным, производительным и сравнительно дешевым средствам для послойного уплотнения грунта, различных оснований, гравийно-песчаных подготовок, дорожных покрытий статическими (гладкие, кулачковые, сегментные, решетчатые и др.) и динамическими (вибрационные, с падающим грузом и др.) нагрузками. Их выполняют прицепными, полуприцепными и самоходными.

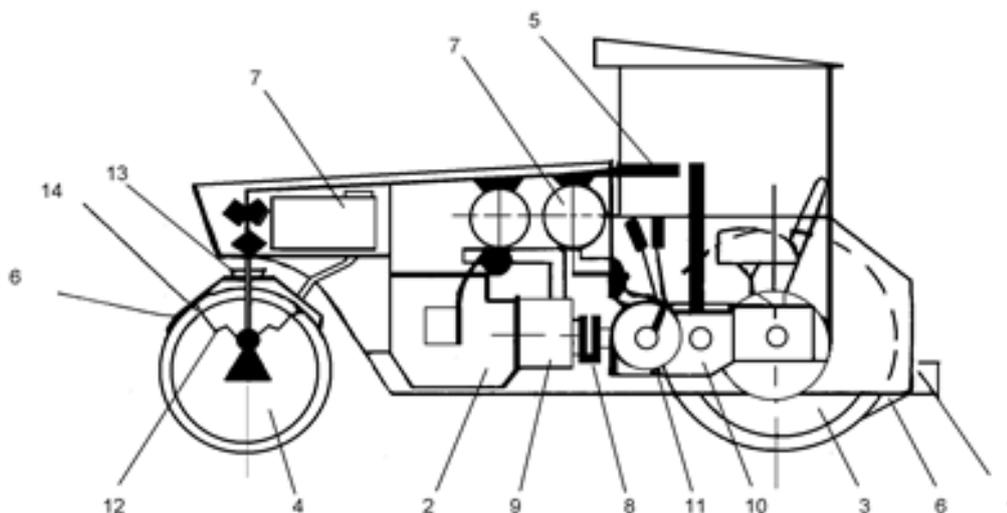


Рис. 5.6. Моторный каток трехвальный двухосный:  
 1 – рама; 2 – двигатель; 3 – ведущий валец; 4 – ведомый валец;  
 5 – рычаг рулевого управления; 6 – скребки; 7 – бак с водой;  
 8 – компенсирующая муфта; 9 – гидротрансформатор; 10 – коробка передач;  
 11 – реверсивный механизм; 12 – пружина

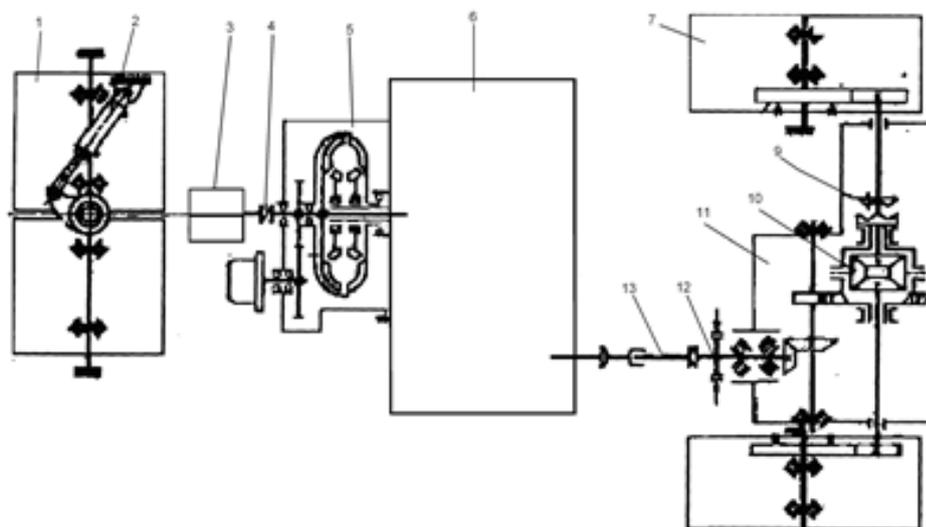


Рис. 5.7. Кинематическая схема катка с гидромеханической трансмиссией:  
 1 – направляющий валец; 2 – гидроцилиндр; 3 – двигатель; 4 – компенсационная муфта;  
 5 – гидротрансформатор; 6 – коробка передач; 7 – ведущий валец;  
 8 – бортовая передача; 9 – муфта блокировки дифференциала;  
 10 – дифференциал; 11 – редуктор; 12 – тормоз; 13 – карданная передача

Катками с гладкими металлическими вальцами можно уплотнять грунты на глубину 10...15 см. Рабочий орган – металлический валец вращается на оси, установленной на обхватывающей раме. Рама снабжена дышлом и прицепной серьгой для присоединения к трактору. На раме имеется скребок для очистки рабочей поверхности вальца от налипшего грунта. Внутреннюю полость вальца для увеличения массы катка можно заполнять балластом, загружаемым

через люки в торцовых днищах. Основными показателями гладких катков служат их масса и удельное давление на грунт. Один гусеничный трактор может работать в сцепе с тремя и даже пятью катками. Вследствие ограниченной толщины слоя уплотнения грунта катки с гладкими вальцами практически вытеснены более совершенными конструкциями.

Кулачковые катки отличаются от гладких тем, что на поверхности вальца укреплены сменные бандажы с кулачками. Бандажы размещают таким образом, чтобы кулачки были расположены в шахматном порядке. Имеются конструкции с приваренными кулачками. К каждой поперечной балке с внутренней стороны рамы приварены скребки для очистки междурядья кулачков от налипшего грунта.

Установкой кулачков на катке достигается передача на грунт, высоких давлений, так как суммарная опорная поверхность кулачков не превышает 4...5 % поверхности цилиндра, описанного по вершинам кулачков. По ГОСТ 11557-75 в зависимости от массы прицепных катков с балластом различают легкие (8 т), средние (16 т) и тяжелые (28 т) катки с глубиной уплотнения 0,2; 0,3 и 0,4 м, агрегируемые соответственно с гусеничными тракторами класса 3...5, 10 и 15. Известны катки массой более 100 т (сверхтяжелые) с контактным давлением 10 МПа, агрегируемые с одно или двухосными пневмоколесными тягачами.

Кулачковые катки целесообразны при уплотнении тяжелых связных и комковатых грунтов, но не дают никакого эффекта при уплотнении несвязных и сравнительно плотных грунтов. В отличие от гладких, кулачковые катки уплотняют грунт снизу вверх, а большая глубина уплотнения достигается тем, что при первых проходах кулачки полностью погружаются в грунт и под своей опорной поверхностью образуют уплотненные ядра. При последующих проходах глубина погружения уменьшается, но вследствие кинематики движения кулачка верхняя часть грунта слоем 5...8 см остается разрыхленной, что необходимо учитывать при назначении толщины вновь отсыпанного грунта для уплотнения.

По конструкции кулачков катки бывают реверсивными и нереверсивными, чаще всего кулачки выполняют в виде усеченного прямого конуса или с криволинейной боковой поверхностью, реже в виде усеченной пирамиды; в плане опорная поверхность кулачка бывает круглой, эллиптической, квадратной или прямоугольной и составляет 20...40 см<sup>2</sup> (легкие), 60...70 см<sup>2</sup> (средние) и 100...140 см<sup>2</sup> (тяжелые катки). Оптимальное число кулачков на 1 м<sup>2</sup> поверхности для легких и средних катков – 20...25, для тяжелых – 15...20.

В некоторых конструкциях балласт в виде отдельных железобетонных блоков массой до 1,5 т устанавливают с двух сторон на раме катка по три в ряд.

Потребное число проходов кулачковых катков определяется отношением поверхности цилиндра по вершинам кулачков к суммарной опорной поверхности кулачков с учетом неравномерности перекрытия. Для

достижения высокого коэффициента уплотнения число проходов увеличивают в 2...3 раза.

Сегментные катки являются разновидностью кулачковых. Опорная поверхность их выполнена в виде отдельных, с увеличенной площадью контакта сегментов, шарнирно установленных на вальце, что обеспечивает нормальную передачу нагрузки на грунт всеми сегментами, уплотняющими грунт сверху вниз. При налипании грунта очистка сегментов затруднительна и каток начинает работать как гладкий, но за счет увеличения диаметра с меньшей эффективностью. Поэтому они находят ограниченное применение.

Решетчатые катки применяют для уплотнения связных и малосвязных грунтов с большим содержанием крупнообломочных включений. Дробление комьев и их погружение в массив позволяют использовать эти катки для уплотнения грунтов в зимний период. Выполняются в виде плетеной сварной решетки, установленной на двух бортовых и среднем кольцах, внутри которых вмонтированы два конуса с меньшими основаниями наружу для отбрасывания в стороны провалившихся через ячейки решетки комьев грунта.

Пневмоколесные катки получили наибольшее распространение, так как благодаря возможности изменения давления воздуха в шинах и пригруза их можно применять для уплотнения связных и несвязных грунтов на сравнительно большую глубину (0,4...0,8 м).

В соответствии с ГОСТ 8544–74 их выпускают прицепными (ДУ-39А, ДУ-37А, ДУ-16В, ДУ-21) легкого (до 15 т), среднего (25 т), тяжелого (50 т) и особо тяжелого (100т) типов. Известны катки массой до 200 т. Прицепные катки состоят из 3...5 пневмоколес с независимой или жесткой подвеской. Для возможности транспортирования автомобильными тягачами крайние колеса оборудуют пневмотормозами.

Самоходные пневмоколесные катки (ДУ-31А, ДУ-29), снабженные собственным двигателем и ходовой трансмиссией, по массе подразделяются на легкие (10..15 т), средние (20...30 т) и тяжелые (40...50 т); они обладают большей маневренностью и производительностью, могут работать челночным способом без разворота в конце участка, их, чаще всего применяют для окончательного уплотнения асфальтобетонных, стабилизированных гравийно-щебеночных и грунтовых смесей в стесненных условиях.

Вибрационные гладкие, кулачковые, решетчатые и пневмоколесные катки с падающими грузами уплотняют грунт комбинированным воздействием статических и динамических нагрузок. В качестве вибровозбудителей применяют дебалансные и бегунковые вибраторы направленного и ненаправленного действия с приводом от вала отбора мощности базового тягача или отдельно расположенного на раме катка двигателя.

Самоходные вибрационные катки предназначены для уплотнения асфальтобетонных и мелкогравийных покрытий, гравийно-щебеночных и грунтовых смесей и по ГОСТ 5576–74 делятся на легкие вибрационные (тип I)

и средние вибрационные (тип II), отличающиеся массой, числом осей и вальцов.

Катки с падающим грузом, совмещающие уплотнение грунта с укатыванием и трамбованием, применяют для уплотнения связных и малосвязных грунтов на глубину до 0,8...1,0 м при широком фронте работ. Их выполняют в виде катка с грузами, поочередно поднимаемыми вращающимся вальцом и свободно сбрасываемыми на уплотняемую поверхность ложа водохранилища, дна канала и других сооружений, где требуются мощные грунтовые противофильтрационные экраны.

Трамбующие машины в качестве рабочих органов имеют трамбующие плиты различных размеров, массы и формы, вальцовые трамбовки, сбрасываемые на поверхность уплотняемого грунта свободно (под действием сил тяжести) или с применением дополнительных внешних сил (сжатый воздух – пневмотрамбовки, сгоревшие газы – дизельтрамбовки, энергия взрывчатых веществ – взрывотрамбовки и др.). Их применяют для уплотнения различных грунтов, в том числе и с каменистыми включениями, в труднодоступных местах Сопряжения бетонных и земляных сооружений, для создания мощных противофильтрационных завес, для уплотнения грунта на значительную глубину (до 1,5...2 м) при большом объеме работ, сосредоточенных на ограниченном участке. Они менее чувствительны к влажности грунта (кроме сильно водонасыщенных), но имеют малую производительность, высокую стоимость работ, затруднен контроль за качеством уплотнения.

По энергии единичного удара трамбующие машины разделяют на:

- легкие (до 1 кДж),
- средние (1...10 кДж) и
- тяжелые (10...50 кДж).

Тяжелые трамбующие машины имеют свободно сбрасываемый с высоты 1,5...5 м рабочий орган массой 1...3 т (в виде плоской, рифленой, кулачковой или профильной плиты или вальцовой трамбовки), изготовленный из чугуна, армированного бетона и подвешиваемый к подъемному канату одноковшового экскаватора. Чтобы рабочий орган не раскачивался и не раскручивался, предусматриваются удерживающий канат или жесткие направляющие. Уплотнение участка всегда ведут от краев к середине с небольшим перекрытием.

При уплотнении малых сечений оросительных каналов применяют способ штампования, заключающийся в том, что на поверхность грунта или частично вырытого сечения сбрасываются с высоты 1...2 м массивные (массой до 5 т и более) профильные продольные трамбовки, г), подвешиваемые на подъемном канате к базовому экскаватору или трактору.

Откосы каналов глубиной более 3 м уплотняют для создания дешевых противофильтрационных грунтовых экранов вальцовыми или плоскими трамбовками, устанавливаемыми на одноковшовых экскаваторах, имеющих решетчатую стрелу, с помощью подъемного и тягового канатов. Плоские

трамбовки крепятся к тяговому канату стропами и, размеры которых подобраны так, чтобы плита своей опорной поверхностью всегда падала параллельно откосу.

Дно, каналов уплотняют общестроительными трамбуемыми машинами, перемещая трамбовки от краев к середине.

Общий недостаток тяжелых трамбуемых машин интенсивный износ узлов базовых машин.

Средние трамбуемые машины изготавливают как прицепное, прицепное и навесное оборудование к пневмоколесным и гусеничным тракторам или сменное рабочее оборудование к экскаваторам.

Легкие трамбуемые машины – ручные трамбовки (механические,) электрические, пневматические, дизельные и др.) используют при небольших объемах работ в стесненных условиях (засыпка приямков, уплотнение грунта вокруг колонн, столбов, ремонтные работы, уплотнение грунта у стен сооружений, при засыпке траншей и т. д.).

Вибрационные машины эффективны при уплотнении неоднородных малосвязных водонасыщенных грунтов с большим количеством различных включений. По способу передачи вибрационных воздействия в окружающей среде они бывают глубинные и поверхностные.

Глубинные вибрационные уплотнители подразделяют:

- гидровиброуплотнители;
- пульсационные;
- вибрационные установки.

Их преимущественно применяют для подводного уплотнения малосвязных песчаных грунтов с глубиной проработки до 10 м.

Поверхностные вибраторы выполняют в виде виброплит и применяют для послойного поверхностного уплотнения грунтов, щебня и гравия, насыпных каменных материалов, балластных отсыпок. Изготавливают их самопередвигающимися, прицепными и навесными, переставляемыми с одной позиции на другую с помощью кранов.

Современная тенденция развития грунтоуплотняющих машин: широкое внедрение многорежимных рабочих органов, работающих в вибрационном или виброударном режиме с автоматической настройкой в зависимости от изменяющихся грунтовых условий; использование в качестве баз серийных тракторов, тягачей, одноковшовых экскаваторов; применение для управления рабочим органом и скоростным режимом гидропривода и гидромеханических передач.

## **Тема 6. Грузоподъемные машины**

ГПМ предназначены для перемещения отдельных штучных грузов различной массы, по произвольной пространственной конфигурации, включающей вертикальные, наклонные и горизонтальные участки,

циклическим методом, при котором периоды работы перемежаются с периодами пауз.

В зависимости от назначения, конструкции и характера выполняемой работы ГПМ можно разделить на три основные группы:

- *простейшие машины* – домкраты, тали, лебедки – используются в качестве вспомогательного оборудования на монтажных, ремонтных и других работах;
- *подъемники* – при их помощи обеспечивается вертикальное (иногда наклонное) перемещение грузов;
- *краны* – обеспечивают как вертикальное, так и горизонтальное перемещение в любом направлении в пределах, зависящих от параметра крана.

Главным параметром ГПМ является грузоподъемность – это наибольшая масса номинального груза, на подъем которого рассчитана машина, включая массу съемного грузозахватного приспособления.

Ряд грузоподъемностей (от 0,01 до 1250 т) установлены ГОСТ1575-87 «Краны грузоподъемные. Ряды основных параметров».

Грузоподъемность по величине может быть постоянной (краны пролетного типа) и переменной для большинства стреловых кранов. Тогда для таких кранов обобщающим параметром будет грузовой момент.

К простейшим ГПМ и устройствам данного типа относятся домкраты, тали и лебедки.

Домкрат – механизм для подъема грузов на небольшую высоту (до 0,7 м) без использования грузозахватных устройств. Домкраты бывают винтовые, зубчато-реечные, рычажно-реечные и гидравлические. Их используют при ремонтных и монтажных работах.

(ДР-5М; ДР-8 – домкрат реечный, грузоподъемностью 5 т, 8 т, высота подъема 350 мм;

ДГС-5; ДГ-20; ДГО-50А – ручной, гидравлический, грузоподъемностью 5 т, 20 т, 50 т, высота подъема 140...100 мм).

Таль – простейшее подвесное грузоподъемное устройство с ручным или электрическим приводом. Тали подвешиваются с помощью крюка к балкам или специальным тележкам, перемещаемым по подвесному монорельсовому пути. Ручные тали разделяют на червячные и шестеренные. Обозначаются ручные тали:

ТЭ 320-531 – таль электрическая, грузоподъемностью 3,2 т, исполнение 5, 3 – высота подъема (по исполнению – 5 → 18 м), 1 – односкоростная.

ТЭ 320-53М 32-31 ГОСТ 22584-77 –//–, М – двухскоростная с микроприводом механизма подъема, 32 – скорость передвижения – 32 м/мин, 31 – с канатоукладчиком.

Электрические тали представляют собой компактную подвесную лебедку, чаще всего имеющую два механизма – подъема и передвижения. Управление электроталью осуществляется с пола при помощи кнопочного

пульта, подвешенного на гибком кабеле. Электротали характеризуются следующими параметрами:

- грузоподъемность – 0,25...10 т;
- скорость подъема груза – до 8 м/мин;
- скорость передвижения – до 20 м/мин;
- высота подъема – 6...10 м.

Выпускаются электротали в нескольких исполнениях.

Лебедка – простейшая ГПМ для подъема или перемещения груза по горизонтали посредством наматывания на барабан каната или цепи.

Различают лебедки стационарные и передвижные.

Строительные лебедки используют при монтаже строительных конструкций, для монтажа башенных кранов, для перемещения тяжелых грузов.

Лебедки могут быть с ручным или машинным приводом (наиболее часто используется электропривод). Грузоподъемность лебедок составляет от 0,5 до 12,5 т.

Обозначаются лебедки:

**ЛРЧ-80-0,15-4** – лебедка ручная червячная, 80 мм – межосевое расстояние, 0,15 – тяговое усилие, 4 м – канатоемкость;

**ЛНЧ-0,25-12** – лебедка настенная червячная, 0,25 т.с. (2,5 кН) – тяговое усилие, 12 – канатоемкость;

**ТЛ-2А-1,25-50** – тяговая лебедка ручная, 2А – двухскоростная, 1,25 т.с. (12,5 кН) – тяговое усилие, 50 – канатоемкость;

**ЛЭО-20М-2-100** – лебедка электрическая, 20М – модель.

К строительным подъемникам относятся ГПМ, осуществляющие в основном вертикальное перемещение грузов. В строительном производстве подъемники применяют для подачи разнообразных штучных грузов на этажи строящихся зданий, в основном после демонтажа башенных и других кранов. Подъемники применяют также для подъема рабочих.

По назначению подъемники разделяют на:

- грузовые;
- грузопассажирские.

По выполнению несущих и ограждающих конструкций направляющего и грузоподъемного устройства:

- мачтовые (стоечные);
- шахтные;
- скиповые (ковшовые);
- подъемные вышки и площадки.

Грузовые мачтовые подъемники бывают приставные и свободностоящие, с выдвигаемыми и не выдвигаемыми платформами, с канатным механизмом подъема (барабанная лебедка) и бесканатным (зубчато-реечным).

Они обеспечивают подъем груза от 320 до 500 кг на высоту от 9 м (**ТП-16-1**) до 75 м (**ТП-17**) при креплении мачты к стене здания.

**ТП-3А** – высота подъема 9 м,  $Q = 320$  кг, применяется для строительства и ремонта зданий высотой до 3-х этажей.

Все подъемники данного типа состоят из стойки-мачты, по направляющим которой перемещается грузоподъемная площадка.

Однобарабанная лебедка (реверсивная) установлена на раме, являющейся основанием для мачты. Подъемники устанавливаются на основание так, чтобы грузовая платформа приходилась против оконных проемов, а длинная сторона ее располагалась вдоль стены здания или перпендикулярно ей.

Управление подъемником – кнопочное, крайние положения платформы (верхнее и нижнее) фиксируются конечными выключателями – ограничителями. Применяют автоматические аварийные ловители различных типов для остановки платформы при обрыве грузового каната.

Мачту подъемника изготавливают из отдельных секций и наращивают по мере возведения здания. Для удобства разгрузки материалов платформа некоторых подъемников может поворачиваться относительно каретки вокруг вертикальной оси на  $90^\circ$ .

Грузопассажирские строительные подъемники применяют при строительстве высотных зданий для подъема грузов и людей. Они могут обслуживать здания высотой до 30 этажей ( $\approx 110$  м) при грузоподъемности от 0,5 до 1,0 т. По конструкции они подобны лифтам, и отличаются лишь тем, что кабина у них располагается с боку мачты, а не внутри шахты. Кабины подъемников оборудуются выдвижной площадкой и ограничителями, обеспечивающими безопасность при высадке людей и разгрузке материалов. Пульт управления кабиной и выдвижением площадки располагают внутри кабины.

**МГП-1000** →  $Q = 1$  т (11 человек),  $H = 110$  м.

**ПГС-800-50/80** →  $Q = 0,8$  т (10 человек),  $H = 80$  м.

Шахтные грузовые подъемники, в отличие от мачтовых, имеют ограждающие устройства, внутри которых по направляющим перемещается грузоподъемная площадка или кабина.

Скиповые (саморазгружающиеся ковшовые) подъемники применяют для подачи бетонной смеси при возведении монолитных железобетонных сооружений, а также различных сыпучих материалов в бункеры или установки для приготовления товарного бетона, или на складах. Строительные ковшовые подъемники изготавливают с ковшом вместимостью до  $1 \text{ м}^3$ , скоростью перемещения  $0,1 \dots 0,5 \text{ м/с}$  ( $6 \dots 30 \text{ м/мин}$ ) в зависимости от высоты подъема (по вертикали до 8 м). Ковш оборудован ходовыми колесами (роликами), перемещается по наклонным или наклонно-вертикальным направляющим – рельсам. Пути для верхних колес плавно закругляются и переходят в горизонтальные. Ковш разгружается автоматически в результате опрокидывания при достижении передними колесами спрофилированного участка пути, а загружается непосредственно или через загрузную воронку.

Перемещение ковша осуществляется при помощи канатной тяги и системы полиспада.

Автогидроподъемники.

**АГП-17.00** – ЗИЛ-43362, ГАЗ-3307,  $h = 17$  м,  $Q = 250$  кг;

**АГП-9** – УАЗ-3303,  $h = 9$  м,  $Q = 200$  кг;

**АГП-20; АГП-30.**

**ПКА** – подъемник коленчатый автомобильный, ЗИЛ-5301, ГАЗ-3307,  $h = 17$  м,  $Q = 300$  кг.

Башенные краны широко применяются в жилищном, коммунальном, промышленном и других видах строительства для выполнения монтажных работ, подачи строительных материалов и изделий на сооружаемые объекты.

Кран серии КБ выполнен на рельсовом ходу и состоит из ходовой рамы с флюгерами и ходовыми тележками, поворотной платформы с размещенными на ней грузовой и стреловой лебедками, механизмом поворота, противовесом, башни с распоркой и навесной кабиной, балочной стрелы с грузовой тележкой и механизмом ее передвижения.

Ходовая рама крана представляет собой сварное кольцо коробчатого сечения, которое проушинами шарнирно соединено с четырьмя диагонально расположенная флюгерами. Флюгеры через цапфы опираются на ходовые тележки, две из которых ведущие. Шарнирное соединение флюгеров с ходовой рамой и тележками, которые выполнены балансирными, облегчает прохождение крана по закруглениям рельсового пути.

Для предотвращения угона крана в нерабочем состоянии ветром тележки снабжены противоугонными захватами. Поворотная платформа опирается на ходовую раму с возможностью вращения в горизонтальной плоскости. Это соединение осуществлено с помощью роликового опорно-поворотного устройства, выполняющего роль подшипника для вращения поворотной платформы.

Составная телескопическая башня решетчатой сварной конструкции, выполненная из труб, установлена на поворотной платформе шарнирно и удерживается в вертикальном положении посредством подкосов. Башня состоит из портала, секций, оголовка, распорки и механизма выдвижения. Удлинение башни осуществляется снизу на необходимую высоту по мере возведения строящегося объекта.

В верхней части башни крепится кабина и стрела, выполненная сварной из труб. Стрела имеет направляющие для перемещения грузовой тележки в виде продольных уголков.

Стрела состоит из четырех секций и может иметь длину 20, 25, 30 м.

Для увеличения высоты подъема груза стрела длиной 20 и 25 м может устанавливаться под углом  $30^\circ$  и  $50^\circ$ . Грузовая тележка опирается на направляющие стрелы четырьмя парами роликов, которые для равномерного распределения нагрузок соединены с рамой тележки балансирными. Для устранения перекосов при движении тележка снабжена четырьмя боковыми роликами.

Привод крана выполнен многомоторным индивидуальным с питанием электродвигателей от сети трехфазного переменного тока и содержит пять механизмов: грузовой, стреловой, передвижения тележки (тележечный), поворота платформы и передвижения крана по рельсам.

Каждый механизм снабжен отдельным реверсивным двигателем. На кране установлены три электрические реверсивные лебедки: грузовая, стреловая и тележечная.

Грузовой механизм крана состоит из лебедки, каната, закрепленного на барабане лебедки и огибающего неподвижный блок на оголовке башни, неподвижные блоки на головной части стрелы, неподвижные блоки на раме грузовой тележки, подвижные блоки крюковой подвески, содержащей крюк. Грузовой канат образует двухкратный грузовой полиспаст. Второй конец грузового каната прикреплен к стреле через ограничитель грузоподъемности, который автоматически отключает грузовую лебедку при превышении установленной грузоподъемности.

Грузовая лебедка выполнена двухдвигательной. Электродвигатели соединены последовательно с ведущим валом редуктора и включаются автоматически в зависимости от массы поднимаемого груза. Для подъема груза массой до 2 т со скоростью 58 м/мин включается один из двигателей. Для подъема груза массой более 2 т со скоростью 40 м/мин включается другой двигатель, имеющий меньшую частоту вращения.

Стреловой механизм крана состоит из лебедки, каната, закрепленного на барабане лебедки, и огибающего неподвижный блок на распорке башни, три блока неподвижной обоймы и два блока подвижной обоймы стрелового полиспаста. Второй конец стрелового каната закреплен на поворотной платформе. Неподвижная обойма стрелового полиспаста крепится к поворотной платформе через две оттяжки. Подвижная обойма стрелового полиспаста соединена со стрелой посредством стрелового расчала, состоящего из двух канатов, которые огибают блоки на распорке башни и блоки на оголовке башни. Стреловой полиспаст четырехкратный.

Стреловая унифицированная лебедка крана имеет обычную типовую конструкцию.

Замкнутый канатный привод передвижения грузовой тележки состоит из лебедки, установленной на стреле, тележечных канатов и двух барабанов, снабженных храповыми остановами для натяжения тележечных канатов. Тележечные канаты левыми концами закреплены на барабане с противоположных сторон тележки, а правыми концами – с противоположных сторон барабана. При вращении барабана по часовой стрелке тележка перемещается вправо и вылет груза уменьшается. При вращении барабана против часовой стрелки тележка перемещается влево и вылет груза увеличивается.

Кран снабжен ограничителем высоты подъема груза. Упор ограничителя подвешен к стреле посредством каната, огибающего два блока на упоре и два блока на тележке.

Левый конец каната прикреплен к передней части стрелы, а правый – к рычагу конечного выключателя, расположенного на задней части стрелы. Натяжением каната под действием веса упора конечный выключатель замыкает цепь питания электродвигателя грузовой лебедки. При подъеме груза на максимальную высоту крюковая подвеска приподнимает упор. При этом канат перестает воздействовать на конечный выключатель, который обесточивает двигатель. Подъем груза автоматически прекращается.

Устройство для вращения поворотной платформы крана состоит из механизма поворота и опорно-поворотного устройства. Механизм поворота осуществляет принудительное вращение поворотной платформы, а опорно-поворотное устройство является для нее подвижной опорой (подшипником).

На кранах серии КБ установлен унифицированный механизм поворота. Механизм состоит из установленных в одном блоке электродвигателя, колодочного тормоза, трехступенчатого цилиндрического редуктора и шестерни, закрепленной на ведомом валу редуктора. Шестерня закреплена с внутренними зубьями зубчатого венца, который выполнен за одно целое с внутренней обоймой опорно-поворотного устройства. Корпус редуктора прикреплен к поворотной платформе. Электродвигатель имеет фланцевое крепление к редуктору.

Поворотная платформа установлена на ходовой раме посредством роликового двухрядного опорно-поворотного устройства. Оно, как и обычный подшипник качения, состоит из двух обойм (колец): наружной, внутренней и двух рядов тел качения (роликов) между обоймами. Причем наружная обойма соединена с поворотной платформой, а внутренняя обойма вместе с зубчатым венцом соединена с ходовой рамой. При вращении поворотной платформы ходовая рама, обойма и венец остаются неподвижными, а относительно их совершает горизонтальное вращение поворотная платформа вместе с наружной обоймой, перекатывающейся на роликах по внутренней неподвижной обойме.

При включенном электродвигателе через редуктор приводится во вращение шестерня, которая обкатываясь по зубьям венца, совершает планетарное движение и увлекает во вращение сам механизм поворота, а вместе с ним и поворотную платформу.

Рабочий процесс башенных кранов осуществляется циклично. Основными операциями рабочего цикла являются: зацепка груза; подъем груза; перемещение груза в горизонтальной плоскости посредством передвижения грузовой тележки по стреле, крана по рельсам и поворота поворотной платформы; наводка груза и установка его в проектное положение; отцепка груза; опускание крюка; перемещение крана в горизонтальной плоскости к месту очередной зацепки.

Для сокращения времени цикла и повышения производительности крана широко используется совмещение операций: подъема или опускания крюка с поворотом, поворота с перемещением крюка в горизонтальном направлении и др.

## Тема 7. Оборудование для свайных работ

В практике современного строительства широкое распространение получили свайные фундаменты, позволяющие значительно (в 2–3 раза) уменьшить объем земляных работ, сократить (в 1,5–2 раза) расход бетона, снизить трудоемкость работ нулевого цикла. При устройстве свайных фундаментов сокращаются сроки строительства, работы проводятся круглогодично. Свайные фундаменты менее чувствительны к изменениям состояния грунта основания, вызванном, например, колебаниями уровня грунтовых вод. В непосредственной близости от свайных фундаментов можно устраивать глубокие выемки, не опасаясь разрушения объекта.

Свайные погружатели предназначены для погружения в грунт свай, шпунта, труб и других несущих элементов строительных конструкций. Отдельные виды агрегатов используются также для извлечения ранее погруженных элементов (свае-шпунтовыдергиватели).

По методу погружения различают оборудование: ударное, вибрационное, вращательное, смешанное.

По виду потребляемой энергии и конструкции сваепогружающее оборудование подразделяется: молоты механические, паровоздушные, дизельные, гидравлические, вибрационные и вибропогружатели.

По погружающей способности (масса ударной части, вынуждающая сила, мощность электродвигателя и т. п.).

Метод погружения свай выбирается в зависимости от плотности грунта и параметров погружаемых элементов.

Методы погружения можно разделить на:

1. Ударный (используются молоты для забивки свай в любые грунты);
2. Вибрационный (применяется при погружении свай в песчаных и водонасыщенных грунтах);
3. Завинчивание (осуществляется в грунты не содержащие твердых включений);
4. Вдавливание и вибродавливание (погружение коротких (до 6 м) свай в рыхлых и плотных грунтах).

В жилищном строительстве наиболее распространенным методом является способ забивки свай сваебойными молотами.

(Информация по конструкции свайных молотов и их технических характеристиках).

Паровоздушные молоты двойного действия устанавливаются на копре самоходного крана. Их можно использовать для забивки как вертикальных, так и наклонных свай.

Частота ударов по свае 100–300 в мин. Масса ударной части до 2550 кг.

Достоинства: относительно небольшие габариты; высокая производительность; автоматическое регулирование частоты и энергии ударов, надежное предохранение деталей молота от пыли.

Недостатки: значительная масса неподвижных частей; возможность погружения только легких шпунтов, деревянных свай, небольших железобетонных свай; большой расход энергоносителя.

Дизельными молотами называются СП, использующие в процессе работы энергию сгорающих газов. Они относятся к группе свободнопоршневых двигателей, у которых отсутствует КШМ и энергия расширяющихся газов передается непосредственно рабочему органу – ударной части молота.

Штанговые дизельные молоты могут быть легкого типа с массой ударной части до 250 кг и механическим (пружинным) буфером и подвижными штангами и тяжелыми с неподвижными штангами и массой ударной части 1800-2500 кг.

Трубчатые дизельные молоты представляют собой прямодействующие двухтактные ДВС, у которых ударная часть – поршень – движется внутри цилиндра, неподвижно установленного на свае. Конструкция трубчатых молотов более совершенна: они обладают большей энергией удара, высокой долговечностью. Трубчатые молоты выпускаются в двух вариантах – с воздушным и водяным охлаждением.

Вибропогружатели представляют собой механизмы, передающие погружаемым (или извлекаемым) элементам колебания определенной частоты, амплитуды и направления, в результате которых обеспечивается их погружение. Работа вибропогружателей основана на резком снижении коэффициента трения между грунтом и поверхностью погружаемого элемента под действием возникающих колебаний.

Главным параметром вибропогружателей является мощность установленных электродвигателей. Кроме того, погружатели характеризуются вынуждающей силой, статическим моментом дебалансов, амплитудой и частотой колебаний.

По назначению различают ВП: низкочастотные (300–500 кол/мин – погружение элементов значительной массы и габаритов); высокочастотные (700 –1500 кол/мин – погружение элементов небольшой массы с малым лобовым сопротивлением).

По типу привода: трансмиссионные и бестрансмиссионные.

По виду передаваемых колебаний – с колебаниями направленными вдоль вертикальной оси и ВП комбинированного действия.

Выпускают ВП с возмущающей силой от 19,1 до 184 т с частотой вращения эксцентриков от 420 до 1500 в мин<sup>-1</sup>, масса вибропогружателей от 2,5 до 11 т.

Вибромолот – это вибрационная машина, передающая погружаемому элементу колебательные и ударные импульсы. Вибромолоты применяют для погружения металлических свай, труб и шпунта в рыхлые и водонасыщенные средней плотности пески, а также в связные грунты текучей и текучепластичной консистенции.

По виду применяемого привода – электрические, гидравлические, пневматические и с ДВС.

По связи двигателя с вибровозбудителем – трансмиссионные и бестрансмиссионные.

По наличию упругой связи между вибровозбудителем и погружаемым элементом – пружинные и беспружинные.

Вибромолот отличается от вибропогружателя тем, что его корпус не имеет жесткой связи со сваей и тем, что при колебаниях корпуса возникают удары, воспринимаемые сваей.

Копры и копровое оборудование предназначены для перемещения свай к месту погружения, установки их в проектное положение и самого погружения. Копры представляют собой металлические конструкции, смонтированные на платформе с ходовой частью. Различают копры навесные (на тракторах, экскаваторах и автомобилях), рельсовые (на поворотных, неповоротных и траверсных тележках), мостовые (на рельсовом и гусеничном ходу). Копровое оборудование представляет собой копровые стрелы, навешиваемые в качестве сменного оборудования на строительные машины (краны, экскаваторы) без механизмов наведения свай.

По конструктивным признакам копры и копровое оборудование могут быть: универсальное, обеспечивающее во время работы машины полный поворот платформы с установленным на ней свайным погружателем, изменение вылета и рабочий наклон копровой стрелы для погружения наклонных свай; полууниверсальное, обеспечивающее только поворот платформы со свайным погружателем или только рабочий наклон копровой стрелы для погружения наклонных свай; простое, не имеющее механизмов для обеспечения поворота платформы, изменения вылета и рабочего наклона копровой стрелы.

Наиболее распространенным типом машин являются навесные копры. По своему исполнению они могут быть универсальными и полууниверсальными. Применение навесных копров, обладающих энергетической автономностью, высокой механизацией вспомогательных операций, мобильностью и маневренностью, позволяет совершенствовать технологию свайных работ, сократить продолжительность установки свай, повышать производительность и снижать стоимость сооружения свайных оснований.

Виброударные шпунтовывдергиватели составляют особую группу ударно-вибрационных машин. Как показал опыт, применение вибропогружателей для извлечения различного рода элементов из грунта не всегда бывает достаточно эффективно. Это касается тех случаев, когда извлечению подлежат элементы (механический шпунт и трубы), находящиеся по технологическим причинам в грунте длительное время, или когда извлечение нужно вести из смерзшихся грунтов. В таких условиях сила сцепления сваи с грунтом значительно превышает вынуждающую силу вибропогружателя и извлечение становится практически невозможным.

Принципиальной особенностью конструкций виброударных шпунтовыдергивателей является то, что, удар этих машин направлен вверх и передается непосредственно извлекаемому элементу, а вниз направлена только реакция пружин, значение которой изменяется плавно по синусоиде, в то время как ударный импульс действует в малом промежутке времени и достигает большого значения.

Виброударный шпунтовыдергиватель СП-83 предназначен для извлечения металлических балок и шпунта длиной до 17 м из грунтов различной плотности. Шпунтовыдергиватель используют с кранами и копрами грузоподъемностью не менее 20 т. Для уменьшения колебаний между крюком грузоподъемного устройства и выдергивателем расположен пружинный амортизатор.

Наибольшее распространение в практике строительства получили шпунтовыдергиватели Ш-2 и МШ-2М.

Для свайных молотов эффективность погружения сваи в грунт зависит от следующих условий:

1)  $0,5 \leq m_c/m_m \leq 2,5$ .

При  $m_c/m_m > 2,5$  эффект погружения снижается.

2)  $v_c \leq 6$  м/с допустимая скорость соударения ударной части с шаботом; при  $v_c > 6$  м/с наблюдается разрушение наголовника и головки сваи.

3)  $n_m$  – частота ударов молота,  $n_m \geq 30$  мин<sup>-1</sup>.

Для вибропогружателей эффективность погружения зависит от следующих условий:

1) вынуждающая сила вибропогружателя, кН

$$F = m \cdot e \cdot \omega^2,$$

где  $m$  – суммарная масса дебалансов;

$e$  – эксцентриситет (расстояние от центра массы до оси вращения);

$\omega$  – угловая скорость дебалансов.

2)  $a$  – амплитуда колебаний, мм.

$$a = M/m_k,$$

где  $M$  – статический момент дебалансов;  $M = m \cdot e$ .

$m_k$  – масса колеблющейся конструкции.

Для вибромолотов эффективность погружения зависит от энергии удара:

$$E = (mv^2)/2(1 - R),$$

где  $m$  – масса ударной части молота, кг;

$v$  – ударная скорость вибромолота, м/с,  $v \leq 2$  м/с;

$R$  – условный коэффициент восстановления скорости при ударе,  $-1 \leq R \leq +1$ .

## **Тема 8. Оборудование для дробления, сортировки и мойки каменных материалов, машины и оборудование для приготовления, транспортирования бетонов и растворов и уплотнения бетонной смеси**

1. Общая классификация машин для бетонных работ.
2. Назначение, классификация машин для сортировки и промывки заполнителей бетона.
3. Назначение, классификация машин для приготовления бетонных смесей и растворов.

Бетонные и железобетонные работы в мелиоративном строительстве по объемам и стоимости занимают второе место после земляных.

Многие мелиоративные объекты и гидросооружения на них строят из монолитного, сборного и сборно-монолитного бетона и железобетона, для чего требуется приготовить бетонную смесь, заготовить арматуру, соорудить опалубку, уложить в нее арматурные сетки, каркасы, закладные и другие детали, подать бетонную смесь, уложить и уплотнить ее, осуществить уход за свежееуложенным бетоном.

Ежегодный объем бетонных и железобетонных работ в нашей стране составляет около 110 млн. м<sup>3</sup>, в том числе свыше 30 % приходится на зимний период, с ежегодным возрастанием объемов на 4...5 млн. м<sup>3</sup>.

По виду отдельных работ оборудование для бетонных и железобетонных работ делят на: машины для дробления, сортировки и промывки заполнителей бетона; машины для приготовления бетонной смеси и растворов; машины для транспортировки и укладки бетонной смеси; машины и механизмы для уплотнения бетонной смеси; станки для изготовления стальной арматуры; машины и механизмы для натяжения стальной арматуры.

Дроблением называют процесс разделения кусков каменных пород на более мелкие части дробильными машинами – камнедробилками. Материал, подаваемый в дробилку, называют исходным материалом, а выходящий после дробления – готовым продуктом. Отношение средних размеров  $D$  наибольших кусков исходного материала к средним размерам  $d$  наибольших кусков готового продукта называется степенью измельчения  $i$ , то есть:

$$i = D/d.$$

Измельчение на куски размером 70...300 мм называют крупным дроблением, 20...70 мм – средним, 1...20 мм – мелким, а до размеров в долях миллиметров – тонким помолом. При крупном и среднем дроблении  $i = 3...10$ , при мелком  $i = 10...30$ , при помолу  $i = 200...1000$ .

Если требуемая степень измельчения настолько высока, что одна дробилка ее не может обеспечить, то дробление ведут последовательно несколькими дробилками, с постепенным уменьшением размеров кусков.

Различные физико-механические свойства дробимых пород и размеры кусков исходного материала и готового продукта привели к необходимости создания различных дробильных машин. По конструкции и принципу работы их делят на щековые, конусные, валковые, молотковые и роторные дробилки; шаровые, стержневые и вибрационные мельницы и бегуны (рис. 8.1).

Щековые дробилки применяют для крупного и среднего дробления горных и абразивных горных пород типа гранитов, диабазов, песчаников и других подобных материалов с пределом прочности на сжатие до 300 МПа на первичной стадии дробления.

По характеру движения рабочего органа различают следующие типы щековых дробилок: щековые дробилки с простым движением щеки; щековые дробилки со сложным движением щеки; щековые дробилки со сложным движением обеих щек.

Типоразмер дробилки характеризует ширина приемного отверстия (расстояние между дробящими плитами вверху в момент максимального отхода подвижной щеки). Он определяет максимально возможную крупность кусков, загружаемых в дробилку (они не должны превышать 0,85 ширины отверстия).

Щековые дробилки выпускают для крупного дробления с размером загрузочного отверстия: 900×1200, 1200×1500 и для среднего дробления – 400×600 и 600×900 мм.

Конусные дробилки изготавливают следующих типов: ККД – крупного дробления с одним и двумя двигателями на приводе; КСД – среднего дробления в двух исполнениях: грубого дробления (Гр), тонкого дробления (Т); КМД – мелкого дробления в двух исполнениях: грубого дробления (Гр) и тонкого дробления (Т, Т1, Т2).

Дробилки типа ККД выполняют с крутым конусом, типов КСД и КМД – с пологим.

Достоинство конусных дробилок – меньший удельный расход энергии и лучшее качество продукта дробления, чем у щековых дробилок, недостатки – большая высота загрузки и забивание при дроблении вязких, мокрых материалов.

Типоразмер конусных дробилок характеризует у типа ККД – ширина приемной щели (наибольшее расстояние между подвижным и неподвижным конусом вверху, в месте максимального отхода подвижного конуса); у типов КСД и КМД – диаметр основания (нижней части) подвижного (дробящего) конуса.

Наибольший размер материала загружаемого в конусные дробилки (кусков питания) мм: 400...1200 типа ККД, 60...500 – КСД, 40...180 – КМД.

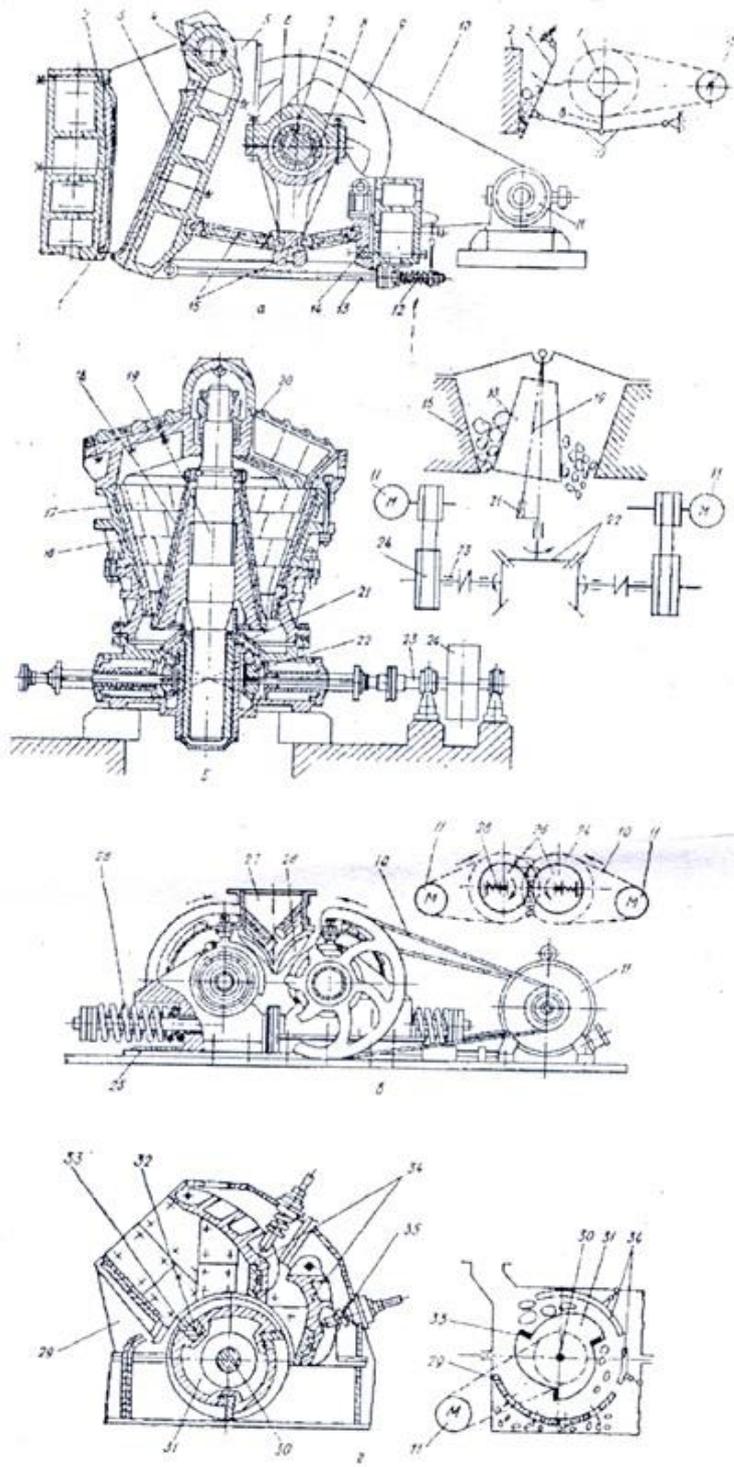


Рис. 8.1. Конструкции и принципиальные схемы дробилок:

а – щековая дробилка с простым движением щеки; б – конусная дробилка;  
 в – валковая дробилка; г – роторная дробилка;

- 1 – дробящая плита; 2 – неподвижная щека; 3 – подвижная щека; 4 – ось; 5 – станина;
- 6 – подшипники; 7 – эксцентриковый вал; 8 – шатун; 9 – маховик; 10 – ремень;
- 11 – электродвигатель; 12 – пружина; 13 – тяга; 14 – регулировочное устройство;
- 15 – распорные плиты; 16 – неподвижный корпус; 17 – сменные плиты; 18 – подвижный корпус;
- 19 – вал подвижного корпуса; 20 – узел подвески; 21 – эксцентриковая втулка;
- 22 – коническая пара; 23 – приводной вал; 24 – шкив; 25 – рама; 26 – валок;
- 27 – приемная воронка; 28 – пружины; 29 – корпус; 30 – вал; 31 – ротор; 32 – клинья

Валковые дробилки состоят из двух гладких или зубчатых валков, вращающихся навстречу друг другу. Камень, загружаемый через воронку, защемляется рабочими поверхностями валков, увлекается в сужающееся пространство между ними, измельчается и выпадает вниз. Один из валков делают подвижным с упором в пружины. При попадании в дробилку кусков прочнее, чем может измельчить дробилка, подвижный валок отодвигается, сжимая пружины, и пропускает этот кусок вниз между валками нераздробленным. Затем, под действием пружин, подвижный валок устанавливается в первоначальное положение.

Валковые дробилки рассчитаны на дробление материала прочностью до 130 МПа. Их недостаток – сравнительно большое число длинных тонких кусков (лещадок), непригодных для строительства.

Дробление в молотковых и роторных дробилках основано на ударе кусков дробимого материала молотками, шарнирно подвешенными на роторе или жестко закрепленными молотками-билами.

Мельницы и бегуны применяют для тонкого помола. В барабанных мельницах материал загружают в барабан заполненный металлическими шарами или стержнями. При вращении барабана материал измельчается свободно перекатывающимися шарами или стержнями.

Машины для сортировки. Сортировка – разделение сыпучей смеси строительных материалов по крупности на требуемые сорта (фракции). Выполняют ее на сортировочных машинах – грохотах, рабочим органом которых служит просеивающая поверхность – колосниковая решетка, одно или несколько сит (сеток, сплетенных из проволоки), одно или несколько решет (листовая сталь с отверстиями). Сита (решета) располагают в одной плоскости одно под другим и комбинированно. Частицы размером меньше отверстий сит (решет) проходят через них, составляя более мелкий сорт, а частицы больших размеров сходят с просеивающей поверхности и составляют более крупный сорт.

Число сортов материала после сортировки всегда на единицу больше числа сит (решет), установленных на машине (рис. 8.2).

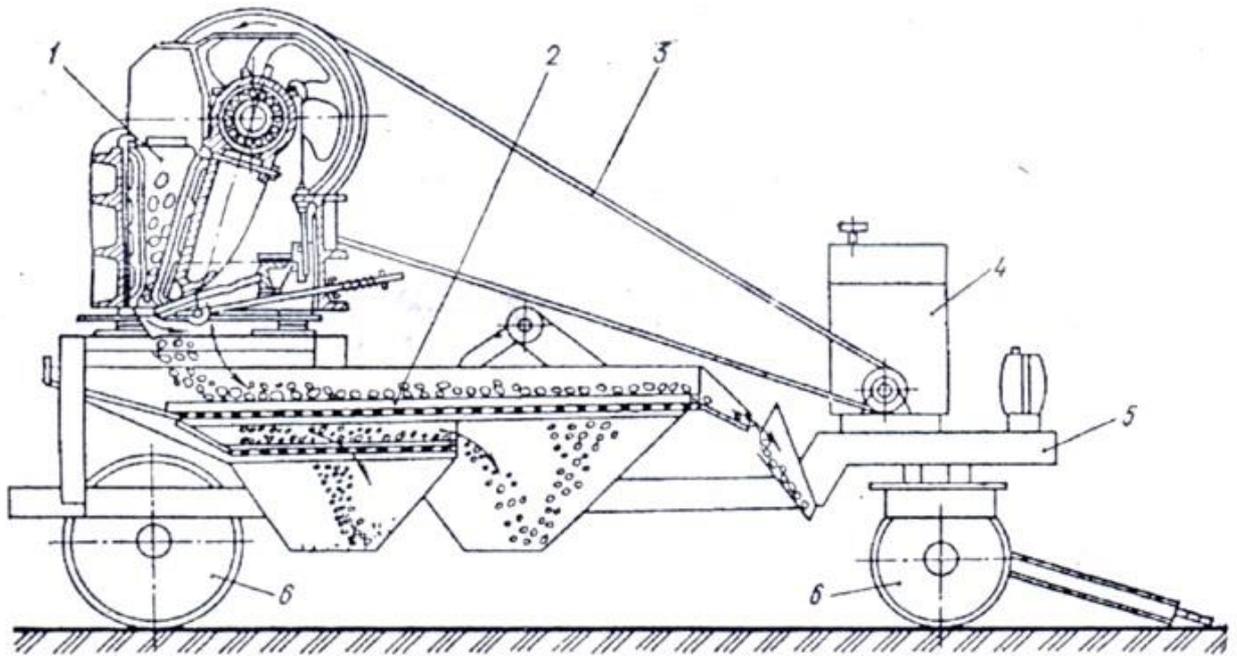


Рис. 8.2. Передвижная дробильно-сортировочная установка малой производительности:

- 1 – щековая дробилка; 2 – вибрационный грохот;  
3 – ремень; 4 – привод; 5 – рама; 6 – тележка

Сортировку можно вести сухим (чаще, при разделении на крупные и мелкие фракции) и мокрым (при разделении мелких фракций и когда в материале имеются примеси глины, пыли) способами. Машины для сортировки делят на грохоты с неподвижной (колосниковая решетка, сито, решето, установленное под углом  $30...50^\circ$  к горизонту) и подвижной просеивающей поверхностью, на эксцентриковые и инерционные, вибрационные.

Машины для промывки. Гравий при содержании глины, ила и других примесей до 5 % общей массы можно промывать на грохотах одновременно с сортировкой. Для этого над просеивающей поверхностью грохота устанавливают для подачи воды трубу с отверстиями, расположенными в шахматном порядке. При загрязнении от 5 до 8 % гравий промывают в гравиемойках-сортировках, а более 8 % – в специальных цилиндрических или лопастных гравиемойках.

Передвижные дробильно-сортировочные установки. Эти установки предназначены для дробления и сортировки строительных материалов во временных карьерах, близко расположенных к строительным объектам.

Они классифицируются:

- универсальные, выпускающие различные сорта щебня, и специализированные, выпускающие продукцию одного сорта;
- малой, средней и большой производительности;
- одно-, двух- и трехстадийное дробление с открытым или закрытым циклом.

В состав установки входят агрегаты первичного и вторичного дробления и сортировки. Оба агрегата могут работать в общей технологической связи и раздельно.

Промышленность выпускает установки производительностью 10, 30, и 40...70 т/ч.

Бетонную смесь и растворы высокого качества готовят на стационарных и передвижных инвентарных сборно-разборных бетонных заводах и в бетонорастворосмесительных установках, рабочее оборудование которых обеспечивает:

1. подачу компонентов из места складирования,
2. дозирование всех компонентов,
3. подачу в смесители и тщательное перемешивание,
4. выдачу готового замеса.

Для получения заданных свойств бетонных смесей и растворов входящие в них компоненты (вяжущие, заполнители, вода и добавки) должны быть тщательно отдозированы с погрешностью, соответствующей ГОСТ 7473-61:  $\pm 1\%$  – для цемента, воды и добавок;  $\pm 2\%$  – для заполнителей.

Различают три способа дозирования: объемный, весовой и смешанный. По характеру работы дозаторы бывают циклического и непрерывного действия; по способу управления – с ручным, автоматическим и дистанционным управлением.

Дозаторы сыпучих материалов выполняют в виде мерной емкости с устройствами для облегчения загрузки и выгрузки и контроля за размером порции.

Для дозирования воды и жидких добавок применяют водомерные баки сифонного действия и дозаторы турбинного типа с расходом до 10 м<sup>3</sup>/ч и погрешностью  $\pm 2\%$ . Рабочим органом дозаторов типа ДВК служит турбинка, под действием потока воды вращающаяся с частотой, пропорциональной расходу, регистрируемому цифровым указателем.

Непрерывные объемные дозаторы для воды с погрешностью не более  $\pm 2\%$  выполняют в виде плунжерных насосов (дозаторы типа СБ-32 и СБ-34 с дистанционным управлением и производительностью 6 и 12 м<sup>3</sup>/ч) и применяют на бетоносмесительных установках непрерывного действия производительностью 30 и 60 м<sup>3</sup>/ч.

Весовые дозаторы основаны на порционном или непрерывном взвешивании материалов и применяются на автоматизированных заводах железобетонных изделий и в бетонорастворосмесительных установках и узлах, работающих в автоматическом и полуавтоматическом режиме. Они допускают быструю переналадку на новый рецепт масс.

Бетонорастворосмесители предназначены для высококачественного перемешивания компонентов с целью равномерного их распределения по объему, равномерного увлажнения и обволакивания заполнителей вяжущими материалами, удаления воздуха, предупреждения образования комков и дробления зерен заполнителей.

Качество смешивания зависит от относительной скорости рабочих органов смесителя и смеси, объема смешиваемого материала и продолжительности перемешивания.

Перемешиванию материалов противодействуют силы инерции, внутреннего и внешнего трения и тяжести, которые стремятся опустить материал вниз и способствуют расслоению смеси.

По характеру работы бетоносмесители подразделяют на:

➤ машины циклического действия (главный параметр – объем готового замеса; в соответствии с ГОСТ 16349-70 он равен 65, 165, 330, 500, 800, 1000, 1600, 2000 и 3000 л)

➤ непрерывного действия (главный параметр – производительность: 5, 15, 30, 60, 120 и 240 м<sup>3</sup>/ч).

Их выполняют стационарными и передвижными (рис. 8.3).

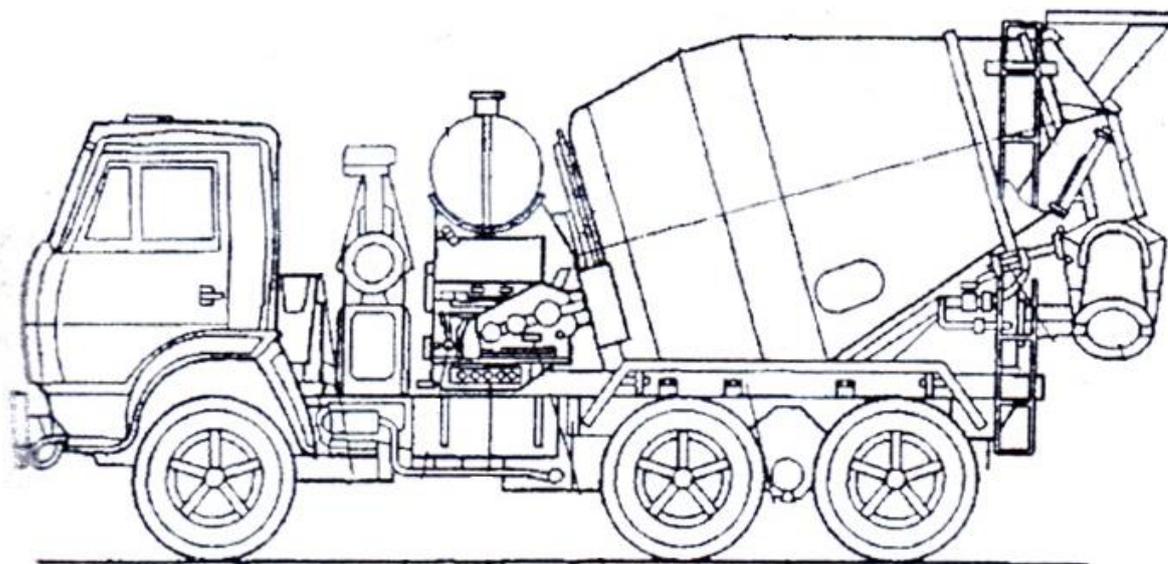


Рис. 8.3. Автобетоносмеситель

По способу перемешивания бетоносмесители бывают гравитационные (цилиндрические, грушевидные и двухконусные (СБ-91 и СБ-153)) и принудительного перемешивания (с горизонтальной и вертикальной осью вращения лопастей).

Циклические бетоносмесители делят на следующие типы:

БП – бетоносмесители принудительного действия роторные для приготовления жестких и подвижных бетонных смесей и растворов, а также смесей из сухих составляющих;

БГ – бетоносмесители гравитационные для приготовления подвижных бетонных смесей;

БП-2Г – бетоносмесители принудительного действия с двумя горизонтальными валами;

РН – растворосмесители низкооборотные для приготовления всех видов растворов, за исключением специальных;

РВ – растворосмесители высокооборотные для приготовления строительных растворов (кроме быстросхватывающихся и специальных), а также конструктивно-теплоизоляционных керамзитобетонных смесей.

При перемешивании материалов более мелкие заполнители занимают промежутки между крупными, из пор вытесняется воздух, и происходит самоуплотнение приготавливаемой смеси. Это характеризуется коэффициентом выхода бетонной смеси – отношением объема готового замеса к суммарному объему загружаемых материалов. Он всегда меньше единицы и для бетонных смесей составляет 0,65...0,67, а для строительных растворов с однородными заполнителями – 0,85...0,95.

Время перемешивания материалов в бетоносмесителях зависит от состава смеси, емкости барабана и его конструктивных особенностей, служит технологическим параметром и определяется лабораторным методом. Его нельзя уменьшать для повышения производительности, так как при этом ухудшается качество товарного бетона. В различных условиях эксплуатации оно составляет 60...300 с.

Техническая производительность гравитационных смесителей циклического действия ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$P_T = V_3 \cdot n / 1000,$$

где  $V_3 = V_6 \cdot K$  – объем готового замеса, л;

$V_6$  – вместимость смесительного барабана по загрузке составляющих (полезный объем барабана, л);

$K$  – коэффициент выхода готовой смеси;

$n$  – число замесов, выдаваемых смесителем в течение 1 ч,

$$n = 3600 / (t_1 + t_2 + t_3 + t_4),$$

где  $t_1, t_2, t_3, t_4$  – продолжительность загрузки, смешивания, выгрузки и возврата в исходное положение, с.

Бетоносмесители принудительного перемешивания имеют чашеобразный барабан с вертикальной осью. Внутри барабана могут располагаться симметрично или эксцентрично один или несколько лопастных валов с прямоточным, противоточным, роторным и планетарно-роторным движением.

В противоточных бетоносмесителях, кроме вращения ротора, каждый лопастный вал вращается вокруг своей оси поэтому весь объем материала интенсивно перемешивается. В планетарно-роторных бетоносмесителях, кроме сложного движения лопастей, смесительный барабан вращается в противоположную сторону.

Разновидностью бетоносмесителей принудительного перемешивания являются вибросмесители с передачей колебательных движений частицам смеси через корпус барабана (безлопастный вибросмеситель) или через вращающийся лопастный вал, на котором или внутри которого устанавливают неуравновешенную массу или дебалансный вал. Применяют одно- и

двухчастотные вибровозбудители, последние, несмотря на конструктивную сложность, обеспечивают высокое качество приготовления жестких бетонных смесей.

В вибрационных бетоносмесителях происходит активизация частиц цемента, что увеличивает прочность бетона на 10...15 %.

Техническая производительность смесителей непрерывного действия ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$P_T = 3600 \cdot S \cdot v,$$

где  $S = K_n \pi d^2 / 4$  – средняя площадь поперечного сечения потока смеси в корпусе смесителя,  $\text{м}^2$ ;

$K_n$  – коэффициент наполнения сечения корпуса смесителя,  $\text{м}^2$ ,  $K_n = 0,28 \dots 0,34$ ;

$d$  – диаметр лопастей смесителя,  $\text{м}$ ;

$v = s \cdot n$  – скорость движения смеси в направлении продольной оси корпуса смесителя,  $\text{м}/\text{с}$ ,

$s$  – шаг лопастей,  $\text{м}$ ;

$n$  – частота вращения лопастного вала,  $\text{об}/\text{мин}$ .

Приготовленную бетонную смесь или раствор транспортируют к месту укладки различными способами с применением автомобильного, железнодорожного, плавучего, конвейерного, кранового, насосного, пневматического и другого транспорта в зависимости от дальности расположения сооружаемого объекта, условий местности, интенсивности и принятой технологии бетонирования и т.д. При транспортировании бетонная смесь и раствор должны сохранять свое качество (то есть однородность, консистенцию, заданный состав и температуру, не расслаиваться), быть защищены от воздействия солнца и осадков. Сроки транспортирования должны обеспечить укладку и уплотнение бетонной смеси до начала схватывания.

В тело сооружения бетонную смесь укладывают с транспортных средств или с перегрузкой в бадьи, спускные желоба, виброхоботы, ленточные и вибрационные конвейеры и другое оборудование. В случае расслоения перед укладкой бетонную смесь перемешивают до полного восстановления однородности.

Автобетоновозы предназначены для доставки бетонной смеси на расстояние до 30 км, в зависимости от объема перевозимой смеси их емкости монтируют на автомобилях различной грузоподъемности. Закрытая сверху емкость специальной формы может поворачиваться относительно шасси автомобиля на расчетный угол при выгрузке, встряхиваться, останавливаться и возвращаться в транспортное положение гидроподъемной системой. Серийные автобетоновозы с объемом перевозимой смеси 1,5 и 4  $\text{м}^3$  монтируют на базе автомобилей модели ЗиЛ и КамАЗ.

Авторастворовозы служат для перевозки строительных растворов подвижностью 5...13 см с периодическим или непрерывным перемешиванием его в пути и порционной выдачей на строительных объектах. Рабочей емкостью служит цистерна, внутри которой установлен вал побудителя с гидроприводом; сзади машины имеется разгрузочное устройство с фланцем для крепления затвора.

Автобетоносмесители предназначены для доставки готовых бетонных смесей или приготовления бетонной смеси из сухих отдозированных компонентов, загружаемых на бетонных заводах, в пути или по прибытии на строительный объект; для этой цели их оборудуют баками воды. В зависимости от объема перевозимой 10 бетонной смеси их монтируют на автомобилях МАЗ-503А (2,6 м<sup>3</sup>), КрАЗ-258 и КамАЗ-5511 (4м<sup>3</sup>), КамАЗ-5412 (8м<sup>3</sup>).

При приготовлении бетонной смеси смесительные барабаны вращаются с частотой 0,2...0,3 рад/с, при транспортировании для исключения расслоения бетонной смеси барабан периодически вращается с частотой 0,07...0,10 рад/с, а при выгрузке вращается в обратном направлении с частотой 0,1...0,2 рад/с, обеспечивая темп выгрузки 0,5...2,0 м<sup>3</sup>/мин при подвижности смеси 2...8 см.

Техническая производительность автобетоносмесителя, м<sup>3</sup>/ч

$$P_T = 60VK_{об}K_{вых}/T_{ц},$$

где  $V$  – вместимость барабана, м<sup>3</sup>;

$K_{об}$  – коэффициент использования геометрического объема, представляющий отношение объема сухих составляющих, загружаемых в барабан, к его геометрическому объему;

$K_{вых}$  – коэффициент выхода смеси ( $K_{вых} = 1$  при перевозке готовой смеси);

$T_{ц}$  – продолжительность цикла автобетоносмесителя, мин

$$T_{ц} = 60L(v_{гр} + v_{пор})/(v_{гр} \cdot v_{пор}) + t_з + t_p + t_{п},$$

где  $L$  – дальность перевозки смеси, км;

$v_{гр}$  и  $v_{пор}$  – скорость движения автобетоносмесителя в груженом и порожнем состояниях, км/ч;

$t_з, t_p, t_{п}$  – продолжительность, соответственно, загрузки барабана сухими составляющими, разгрузочных и промывочных операций, мин.

Бетонорастворонасосные установки позволяют существенно снизить стоимость и трудоемкость бетонных работ, максимально исключить применение ручного труда на всех этапах технологического процесса, совместить горизонтальный и вертикальный транспорт в стесненных и труднодоступных местах, исключить потери при транспортировании и сохранить качество смеси. Принцип работы этих установок основан на перекачивании по трубам смеси с помощью поршневых, беспоршневых, диафрагменных и ротационных бетонорастворонасосов, устанавливаемых

стационарно на салазках или автомобильном шасси. Дальность транспортирования по горизонтали до 300 м, по вертикали до 40 м.

При большом объеме работ бетононасосы с гидроприводом устанавливают на строительной площадке стационарно (бетононасос СБ-95 производительностью до 25 м<sup>3</sup>/ч и рабочим давлением до 4 МПа). При рассредоточенных объектах бетононасосы монтируют на шасси автомобиля. Автобетононасос СБ-126 А на базе автомобиля КамАЗ-53213 имеет производительность до 65 м<sup>3</sup>/ч и рабочее давление до 6 МПа.

Общие недостатки бетононасосов: ограниченный радиус действия, невозможность транспортирования смесей с крупными заполнителями, резкое возрастание энергоемкости при переходах на вертикальные участки транспортирования, необходимость тщательной промывки при прекращении работы.

Установки для торкретирования служат для одновременного транспортирования цементно-песчаного раствора или мелкозернистой бетонной смеси и нанесения их на поверхности при возведении (с односторонней опалубкой) тонкостенных железобетонных конструкций, замоноличивания швов, безопалубочного закрепления туннельных выработок, устранения дефектов в бетоне при ремонтно-восстановительных работах на гидротехнических сооружениях. Толщина слоя, наносимого за один проход, составляет 1,5...2 см; покрытие отличается повышенным качеством, обладает водонепроницаемостью, износостойкостью и огнестойкостью. Бункер торкретной установки можно загружать сухими и влажными смесями, для ускорения схватывания в смесь вводят специальные добавки.

Цемент-пушка СБ-117 работает на сухих компонентах, загружаемых в бункер, закрытый сверху решеткой, чтобы не пропускать частицы заполнителей более 1 см. Внутри бункера вращается вал побудителя. Под бункером устанавливают вращающийся диск с ячейками, к нижней плите которого крепят выходной патрубок для присоединения материального шланга.

На последней секции материального шланга установлена форсунка, к которой от источника водоснабжения по отдельному шлангу подается вода (расход регулируют вентилем). Затворение сухой смеси водой происходит в форсунке, откуда увлажненную смесь со скоростью 100 м/с и более рабочий направляет на обрабатываемую поверхность, удерживая сопло на расстоянии 1 м от поверхности и сообщая ему спиралеобразные движения. Производительность цемент-пушки СБ-117 по сухой смеси 2м<sup>3</sup>/ч, дальность подачи по горизонтали 45 м, по вертикали 10 м, рабочее давление 0,35 МПа.

Аналогичное устройство имеют одно-двухкамерные установки для набрызга бетонной смеси, которые обеспечивают проход по материальному шлангу заполнителей размером до 2 см при производительности 4...8 м<sup>3</sup>/ч по сухой смеси; при этом расход сжатого воздуха составляет 8...14 м<sup>3</sup>/мин, рабочее давление – до 0,6 МПа.

Для облегчения условий труда рабочего сопло устанавливают на манипуляторах, позволяющих совершать сложные движения в различных направлениях и обслуживать определенную площадь бетонирования.

Уплотнение бетонной смеси после укладки ее в тело сооружения или форму подразделяют на вибрационное, укатыванием, центрифугированием, прессованием, виброштампованием, вакуумированием и др. Вибрационное воздействие на бетонную смесь – одно из наиболее распространенных эффективных мероприятий по ее уплотнению. Уплотнение ведут до полной осадки смеси с прекращением выделения пузырьков воздуха и появления на поверхности цементного молока.

По способу вибрационных воздействий на бетонную смесь различают вибраторы глубинные, поверхностные и наружные (опалубочные или тисковые); по типу вибровозбудителя – дебалансные и бегунковые; по типу привода – электрические, пневматические, гидравлические и моторные; по расположению двигателя – со встроенным двигателем и с гибким валом.

Пневматические вибраторы абсолютно безопасны в работе, эффективно уплотняют малоподвижные бетонные смеси (осадка конуса 1...3 см), но требуют повышенного расхода воздуха (0,5...1,5 м<sup>3</sup>/мин) при давлении 0,4...0,6 МПа. Пневматические глубинные вибраторы выпускают с наружным диаметром корпуса 34, 50, 75 и 110 мм с низкой частотой колебания – 40...53, 33...50, 25...45 и 22...37 рад/с и высокой частотой соответственно 200...257, 167...250, 134...234 и 117...200 рад/с.

Кроме ручных глубинных вибраторов, при больших объемах работ применяют подвесные (к кранам) или навесные (на малогабаритных электрических тракторах) пакетные двухчастотные электромеханические вибраторы типа ИВ-90 и С-649 с диаметром корпуса 133 и 194 мм при частоте колебаний 134 и 92 рад/с.

Наружные вибраторы служат для изготовления сложных, тонкостенных, монолитных, высокоармированных железобетонных изделий. Колебания частицам бетонной смеси передаются через металлическую опалубку многоэтажного пользования, на которой с помощью тисковых зажимов устанавливают различные вибраторы: пневматические высокочастотные ИВ-28, ИВ-29, ИВ-30 и ИВ-31 с высокой (234, 200, 167 и 133 рад/с) и низкой (43, 37, 30 и 22 рад/с) частотой колебаний, электромеханические или электромагнитные ударного действия. Электромагнитные вибраторы не имеют трущихся деталей и просты по устройству. Недостаток их – повышенный шум в процессе работы.

## **Тема 9. Машины для отделочных работ**

Отделочные работы представляют собой комплекс строительных процессов по наружной и внутренней отделке зданий и сооружений с целью повышения их защитно-эксплуатационных и архитектурно-эстетических качеств. Отделочные работы являются наиболее сложными и трудоемкими и

составляют примерно 25–30 % общих трудовых затрат. Около 30 % всех строителей, участвующих в сооружении зданий, занято на отделочных работах.

В состав отделочных работ входят штукатурные, облицовочные, малярные, обойные, стекольные и кровельные работы, а также работы по устройству и отделке полов. Отделочные работы характеризуются многообразием и технологической несхожестью операций. Для выполнения отделочных работ используется большое количество строительного-отделочных машин, различных по назначению и устройству.

Номенклатура строительного-отделочных машин постоянно расширяется и пополняется более совершенными типами и моделями, отвечающими современным требованиям технологии строительного производства.

Обозначение строительного-отделочных машин содержит буквенную и цифровую часть. Основные буквы марки – СО, располагаемые перед цифрами, обозначают вид машины – строительного-отделочная. Цифровая часть марки обозначает порядковый номер разработки.

Штукатурные работы выполняют для выравнивания и декоративного оформления поверхностей строительных конструкций, улучшения их санитарно-гигиенических качеств, а также уменьшения тепло-, звукопроводности и водопоглощения ограждающих конструкций, защиты их от атмосферных воздействий.

При выполнении штукатурных работ применяют машины для приготовления растворов, транспортирования их к месту укладки и нанесения, а также для отделки оштукатуриваемых поверхностей.

(При больших объемах штукатурных работ раствор готовят на специализированных заводах или растворных узлах, откуда его доставляют на объект при помощи авторастворовозов или автомобилей самосвалов. При небольших объемах работ или значительной удаленности растворного узла раствор готовят на строительном объекте в передвижных циклических смесителях принудительного перемешивания (типа СО-46 – 65 л, эл. дв; СО-23 – 65 л, двс)).

В комплект оборудования для штукатурных работ входят: штукатурные станции или агрегаты, поэтажные станции перекачки и нанесения растворов на поверхности и затирочные машины.

Штукатурные станции применяют для приема, побуждения, просеивания, перекачивания и нанесения раствора на обрабатываемую поверхность. Оборудование смонтировано в технологической последовательности внутри металлического утепленного кузова, установленного на полость. (см. слайд).

Штукатурные станции работают как правило на готовом растворе. В состав штукатурных станций входят струг, шнек, объемный растворонасос и пульт управления. К основным параметрам штукатурных станций относятся: производительность и рабочее давление растворонасоса, вместимость приемного бункера и др.

Штукатурные агрегаты имеют то же назначение что и штукатурные станции, но используются при небольших объемах работ. Штукатурные агрегаты могут наносить строительный раствора подготовленные поверхность при помощи форсунок, сопл и насадок.

Различают агрегаты типа АШ (агрегат штукатурный), работающие только с готовым раствором, и агрегаты типа АШС (агрегат штукатурный смесительный), в технологическую цепь которых включен растворосмеситель.

Для транспортирования составов и их нанесения на обрабатываемые поверхности применяют поэтажные штукатурные агрегаты, состоящие из растворонасоса и приемного бункера соединенных между собой. Готовый раствор загружают на вибросито, установленное в верхней части приемного бункера. Агрегат обеспечивает подачу до  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$  раствора на высоту до 15 м по вертикали и до 50 м по горизонтали.

Штукатурные форсунки предназначены для нанесения на отделываемую поверхность штукатурных растворных смесей подвижностью не менее 7 см с фракцией заполнителя не более 5 мм и устанавливаются на свободном конце растворовода. Форсунки изготавливаются двух типов: ФШП – пневматического действия и ФШМ – механического действия (безкомпрессорные). Наиболее распространены форсунки пневматического действия. Различают форсунки пневматического действия с кольцевой и центральной подачей сжатого воздуха.

Нанесенный на оштукатуриваемую поверхность раствор выравнивают вручную, после чего наносят накрывочный слой, который разравнивают ручными затирочными машинами – пневматическими или электрическими. Рабочим органом электрической затирочной машины является вращающийся затирочный диск, к которому через штуцер в одной из рукояток подводится вода для смачивания затираемой поверхности.

Затирка штукатурной поверхности выполняется во время процесса схватывания раствора, когда прочность накрывочного слоя достигает 0,05–0,1 МПа. Производительность затирочных машин до  $50 \text{ м}^2/\text{ч}$ .

Малярные работы являются завершающим этапом всей отделки зданий и сооружений. Эти работы включают подготовку поверхностей под окраску, приготовление шпатлевочных и малярных составов, огрунтовку и окраску.

Для поэтажной подачи и нанесения на обрабатываемые поверхности шпатлевок подвижностью от 7 см и более, а также грунтовых и водоклеевых красочных составов применяют передвижные шпатлевочные агрегаты на базе винтовых насосов. Шпатлевку наносят распылением с помощью сжатого воздуха, подаваемого к удочке с помощью компрессора под давлением 0,5–0,7 МПа. При нанесении грунтовок и водных красочных составов сжатый воздух не используют, т. к. для распыления достаточно давления развиваемого насосом (2 МПа).

Для окраски поверхностей применяют окрасочные агрегаты с распылением красочных составов и нанесением их на окрашиваемые

поверхности краскораспылителями или удочками. Различают окрасочные агрегаты переносные и передвижные, пневматические и безвоздушного распыления. Привод этих машин как правило электрический.

Переносные окрасочные агрегаты применяют при малых объемах работ для окраски лакокрасочными материалами поверхностей в труднодоступных местах. Агрегат состоит из переносного диафрагменного компрессора 1, пневматического пистолета-краскораспылителя 3, рукава-воздуховода 2 и питающего кабеля. Производительность таких агрегатов достигает до 50 м<sup>2</sup>/ч. Подача воздуха до 0,05 м<sup>3</sup>/мин при рабочем давлении 0,4 МПа.

Рабочими органами окрасочных агрегатов являются пневматические краскораспылители низкого (до 0,1 МПа) и высокого (более 0,1 МПа) давления. Конструктивно их выполняют по сходным схемам. Он состоит из следующих основных частей: корпуса 5 с рукояткой 7 и штуцерами 8 и 11 воздуха и краски, заглушки 3, головки 2, насадки 1, иглы 4, курка 10, воздушного клапана 9 и регулятора иглы 6. Головка краскораспылителя позволяет получать факелы различных форм и размеров в зависимости от консистенции окрасочных материалов и объема выполняемых работ.

Окрасочные агрегаты высокого давления имеют в качестве основного узла насос высокого давления (до 30 МПа). Распыление красочного состава осуществляется под высоким давлением без участия сжатого воздуха (безвоздушное распыление) в результате резкого перепада давления краски при истечении ее в воздушную среду с большой (до 100 м/с) скоростью через сопло пистолета-краскораспылителя.

Основными преимуществами безвоздушного способа распыления красочных составов под высоким давлением являются: снижение потерь лакокрасочных материалов, повышение производительности труда и качества окраски, сокращение числа слоев, уменьшение загрязненности окружающей среды.

На объектах жилищного, гражданского и промышленного строительства сооружают несколько видов полов (сплошные монолитные, дощатые и паркетные, из штучных, рулонных и ковровых материалов), для устройства и отделки которых применяют широкую номенклатуру машин, различных по конструкции и назначению.

Для механизации работ по обработке дощатых и паркетных полов используют строгальные и шлифовальные машины. Строжку полов непосредственно у стен, на участках небольшой площади и в труднодоступных местах осуществляют ручными электрическими рубанками.

Машина для строжки деревянных полов состоит из корпуса, ножевого барабана, электродвигателя, клиноременной передачи, узла управления, ходовых колес и вентилятора.

Для шлифования паркетных и дощатых полов после острожки, а также для снятия старой мастики и лакокрасочных покрытий применяют паркетшлифовальные машины. Различают два типа паркетшлифовальных машин – с барабанным и дисковым рабочим органом. На рабочих

поверхностях барабанов и дисков крепят шлифовальные шкурки с различными абразивными материалами (электрокорунд, карбокорунд, кремний и др.).

Все паркетшлифовальные машины оборудованы пылеотсасывающим устройством, состоящим из вентилятора, пылеотводной трубки и пылесборника.

Производительность таких машин составляет 40–50 м<sup>2</sup>/ч, ширина обрабатываемой полосы 200 мм, диаметр барабана 185 мм, частота вращения 23–30 с<sup>-1</sup>.

Для разравнивания, уплотнения и предварительного заглаживания бетонных и цементных полов и стяжек, а также мозаичных полимерцементных полов применяются виброрейки, представляющие собой стальную балку определенного профиля с размещенным на ней вибровозбудителем. В зависимости от площади обработки и жесткости смеси используют одно- и двухбалочные виброрейки.

Машины для заглаживания бетонных полов в зависимости от вида рабочего органа подразделяют на лопастные и дисковые. Лопастные машины выпускаются трех- и четырехлопастными.

Для более качественной отделки полов применяют дисковые затирочные машины с двумя вращающимися навстречу друг другу рабочими дисками 4 из древесностружечного материала. Частота вращения дисков 9 с<sup>-1</sup> от электродвигателя 2 через редуктор 3. Диски крепятся к выходным валам через резиновые мембраны, что обеспечивает самоустановку дисков, равномерность их износа и плавную работу машины.

Для шлифования и полирования полов из мозаики, мрамора, гранита и т. п. материалов применяют мозаично-шлифовальные машины.

Принципиальные схемы устройства и работы этих машин сходны с дисковыми затирочными и отличаются от последних инструментом, в качестве которого применяют трехгранные абразивные камни 12, закрепленные в державках 11 на планшайбах 13. Частота вращения рабочих органов составляет от 250 до 750 об/мин. Меньшие скорости используются при грубой обработке поверхностей, а большие – при тонком шлифовании и полировании. Для улучшения процесса шлифования в рабочую зону подают воду.

## **Тема 10. Ручные машины. Основы эксплуатации строительных машин**

Ручными (РМ) называются такие машины, движение рабочего органа которых осуществляется с помощью встроенного двигателя, а вспомогательные движения и управление самой машиной выполняют вручную, при этом в процессе работы масса машины полностью или частично воспринимается руками работающего.

В строительстве наиболее широкое применение РМ получили при выполнении монтажных, сборочных, сантехнических, электротехнических,

ремонтных, отделочных и прочих работ. Применение РМ позволяет в 5...10 раз увеличить производительность труда (по сравнению с работой вручную), значительно снизить трудоемкость и повысить качество выполняемых технологических операций, а также улучшить условия труда рабочего.

РМ классифицируют:

1. По назначению и области применения:

– общего применения – сверлильные, шлифовальные, полировальные и фрезерные;

– для обработки металла – ножницы, кромкорезы, труборезы, пилы, резьбонарезные машины, щетки угловые и т. д.;

– для обработки древесины – дисковые, ножовочные и цепные пилы, рубанки, долбежники;

– для монтажно-сборочных работ (резьбозавертывающие) – гайковерты, шуруповерты, шпильковерты;

– ударного и ударно-вращательного действия – отбойные молотки, рубильные и клепальные молотки, ломы, перфораторы, трамбовки, пробойники, борзододелы.

2. По роду используемой энергии питания:

– электрические – постоянного тока, однофазного переменного тока с коллекторным и асинхронными двигателями, трехфазного переменного тока с двигателями нормальной (50 Гц) и повышенной (200 Гц) частоты тока;

– пневматические – ротационные, турбинные и поршневые;

– моторизованные – с бензиновым или дизельным двигателем;

– гидравлические;

– пороховые (монтажные пороховые пистолеты).

На строительстве преимущественно получили распространение РМ с электрическим и пневматическим приводом.

3. По способу преобразования энергии питания:

– механические – энергия питания передается на р. о. через редуктор;

– фугальные – без редуктора;

– компрессионно-вакуумные – передача энергии осуществляется ударником, пневматически связанным с промежуточным преобразовательным механизмом;

– пружинные – передача энергии на р. о. осуществляется с помощью упругого звена.

4. По характеру движения рабочего органа:

– с вращательным движением рабочего органа – круговым (сверлильная машина, дисковые пилы, борзододелы);

– с движением по замкнутому контуру (цепные пилы, ленточные шлифовальные машины и т.д.);

– с возвратно-поступательным движением рабочего органа (ножницы, молотки, напильники, лобзики и т.д.);

– со сложным движением (ударно-поворотным) рабочего органа (перфораторы).

При вращательном движении р. о. силовое воздействие на обрабатываемый объект происходит непрерывно; при сложном движении – импульсами.

5. По исполнению и регулированию скорости:

- прямые (оси рабочего органа и привода параллельны или совпадают);
- угловые (оси рабочего органа и привода расположены под углом);
- реверсивные и нереверсивные, односкоростные и многоскоростные.

6. По методу обеспечения безопасности работ:

- I класс – напряжение менее 42 В (токоизоляция одной рабочей изоляцией);
- II класс – напряжение более 42 В (токоизоляция двойной рабочей изоляцией);
- III класс – напряжение менее 42 В (с повышенной частотой тока).

Количество видов и типоразмеров РМ очень большое, поэтому для их отличия разработана определенная индексация. Индексы, присваиваемые РМ состоит из двух букв и четырех цифр. Буквами определяется вид привода машин: ИЭ – электрический; ИП – пневматический; ИГ – гидро- и гидропневматический; ИМ – моторизованный с ДВС; ИК – обозначает инструментальные головки, насадки, вспомогательное оборудование.

Первая цифра индекса обозначает номер группы, характеризующей тип машины:

- 1 – сверлильные, резьбозавертывающие;
- 2 – шлифовальные, полировальные;
- 3 – резьбозавертывающие, резьбонарезные;
- 4 – ударные, ударно-вращательные;
- 5 – фрезерные, пилы дисковые, ножницы, рубанки;
- 6 – специальные универсальные;
- 7 – агрегаты многошпиндельные;
- 8 – насадки, головки;
- 9 – вспомогательное оборудование, принадлежности;
- 10 – резервная.

Вторая цифра индекса обозначает номер подгруппы, характеризующей исполнение машины:

- 0 – прямая;
- 1 – угловая;
- 2 – многоскоростная;
- 3 – реверсивная.

Последние две цифры – регистрационный порядковый номер модели.

ИЭ-1034 – ручная сверлильная угловая машина;

ИЭ-2008 – ручная шлифовальная машина;

ИЭ-2106 – ручная шлифовальная угловая машина;

ИЭ-3115А – гайковерт ударного действия прямой.

Сверлильные машины предназначены для сверления отверстий диаметром 6...32 мм в различных материалах: металле, пластмассе, древесине, бетоне и железобетоне, кирпиче, камне, гипсолитовых, асбестоцементных и древесностружечных плитах и других материалах.

Их используют при монтаже металлических и сборных железобетонных конструкций, при производстве столярных, плотнично-опалубочных, санитарно-технических, электромонтажных, штукатурных, облицовочных, кровельных и гидроизоляционных, железобетонных и бетонных работ, а также устройстве и отделке полов.

Комплекты сменных насадок к сверлильным машинам позволяют значительно расширить их технологические возможности. В состав комплектов входят дисковые пилы для резания дерева, пластмасс, металлов и плит сухой гипсовой штукатурки, торцовые шлифовальные головки, резцовые головки для прорезания круглых отверстий в гипсовых панелях и др.

Электрические установки для сверления отверстий в железобетоне предназначены для сверления вертикальных, горизонтальных и наклонных отверстий алмазными кольцевыми сверлами (колонковыми) диаметром 50...160 мм в ж. б. конструкциях при монтаже коммуникаций.

Шлифовальные машины применяют для выполнения технологических операций при монтаже металлоконструкций, на сварочных, отделочных, электромонтажных, арматурных и других работах. По характеру движения рабочего органа различают вращательные и плоскошлифовальные машины. Рабочим органом вращательных шлифовальных машин служат абразивные круги различных геометрических форм и диаметров. У плоскошлифовальных машин рабочим органом является одна или две платформы с шлифовальной шкуркой, совершающих орбитальное и плоскопараллельное движения относительно обрабатываемой поверхности.

Главным параметром вращательных шлифовальных машин является диаметр абразивного круга (в мм). Вращательные шлифовальные машины выпускают прямыми и угловыми с шлифовальным кругом диаметром 63...150 мм и частотой вращения  $43...113 \text{ с}^{-1}$ , с гибким валом и шлифовальным кругом диаметром 200 мм и частотой вращения  $48,6 \text{ с}^{-1}$ .

На каждом шлифовальном круге указана предельно допустимая частота вращения шпинделя. Во избежание разрушения абразивного круга недопустимо превышение частоты вращения шпинделя по сравнению с частотой, указанной на круге. Круги имеют различную зернистость и твердость. Их правильный выбор во многом определяет производительность машин и качество обработки поверхностей.

Угловые машины комплектуются чашечными цилиндрическими кругами типа ЧЦ и чашечными коническими кругами типа ЧК, которые предназначены для шлифования и зачистных работ. В комплект входят также круги типа 5П, предназначенные для шлифования резьбы и заточки многолезвийных инструментов, и круги типа Д для резки металла.

Угловые шлифовальные машины комплектуются кругами диаметром 80...125мм. Рабочая скорость кругов 40 м/с, частота вращения шпинделя 55...65 с<sup>-1</sup>.

На базе угловых электрических шлифовальных машин разработаны ручные труборезы, в качестве режущего органа которых применяют армированные абразивные круги диаметром 180...230 мм.

Основные параметры труборезов – номинальный диаметр и толщина стенки обрабатываемых труб. Резание труб труборезами осуществляется двумя методами: врезанием и обкаткой. При методе врезания труба перерезается в поперечном направлении абразивным кругом, перемещаемым сверху вниз в плоскости, перпендикулярной оси трубы. Диаметр труб, отрезаемых методом врезания, ограничивается диаметром абразивного круга и не превышает 70 мм при резании кругом диаметром 230 мм. Для резки труб больших диаметров применяют метод обкатки, при котором труборез вращают вокруг трубы, установив абразивный круг перпендикулярно ее оси. Количество проходов при обкатке определяется толщиной стенки трубы.

Маятниковые дисковые пилы используют для резки стальных труб диаметром до 133 мм, а также уголков, прутков и других изделий на приобъектных площадках. Вращение шпинделю с абразивным кругом диаметром 230...400 мм сообщается от электродвигателя через ступенчатую ременную передачу.

Ножницы предназначены для резки и раскроя листового металла, вырубки в нем отверстий и окон различной конфигурации, а также резки металлических профилей различной конфигурации. Основным параметром ножниц является толщина разрезаемого материала. По принципу действия и конструкции режущего инструмента различают ножницы ножевые, вырубные и прорезные. Все ножницы имеют единую унифицированную конструкцию привода (двигатель, редуктор) и кривошипно-шатунного механизма и различаются между собой только типом режущего инструмента.

К машинам ударного действия относятся молотки, бетоноломы и трамбовки, к машинам ударно-вращательного действия – перфораторы. Эти машины широко используют при выполнении строительно-монтажных, ремонтных, санитарно-технических, отделочных, электромонтажных и дорожных работ. Основными параметрами являются энергия единичного удара (Дж) и частота ударов (Гц) бойка (у молотков, перфораторов и ломов) или трамбуемого башмака (у трамбовок).

Электрические и электромагнитные молотки предназначены для пробивки проемов, ниш и отверстий и долбления канавок в перекрытиях, кирпичных и бетонных стенах при прокладке кабелей, газовых, водопроводных и канализационных труб, насечки и очистки каменных, бетонных или кирпичных поверхностей при подготовке их к оштукатуриванию, а также рыхления твердых слежавшихся, каменистых и мерзлых грунтов, взламывания дорожных покрытий, разрушения фундаментов при устройстве котлованов, колодцев, траншей и ремонте

коммуникаций. В молотках используется энергия движущегося возвратно-поступательного бойка (ударника), наносящего с определенной частотой удары по хвостовику рабочего инструмента. Различают электрические (компрессионно-вакуумные) и электромагнитные (фугальные) молотки. В электрических молотках движение бойка (ударника) обеспечивается последовательной работой поршня и воздушной подушки. В электромагнитном молотке боек движется возвратно-поступательно под воздействием переменного магнитного поля линейного электромагнитного двигателя.

Промышленность выпускает три модели электрических молотков с энергией удара 1, 11 и 25 Дж.

Электрические ломы предназначены для разрушения бетона, железобетона, кирпичной кладки, асфальтобетона, каменистого и мерзлого грунтов. Они аналогичны по конструкции электрическим молоткам и отличаются от них энергией удара и мощностью приводного электродвигателя. Энергия удара лома не менее 40 Дж, частота ударов 19...20 Гц.

Электрические и электромагнитные перфораторы представляют собой универсальные машины многоцелевого назначения, которые предназначены для прорезки отверстий и проемов в междуэтажных перекрытиях и перегородках зданий при монтаже трубопроводов и вентиляционных систем, для пробивки борозд (штраб) для скрытой проводки и очистки поверхностей в конструкциях из искусственных и естественных строительных материалов, разрушения горных пород, а также сверления отверстий в различных материалах, установки дюбелей, завинчивания винтов и шурупов, рубки металла, обработки дерева и других работ.

Перфораторы отличаются от молотков тем, что кроме ударного узла имеют механизм вращения сменного рабочего инструмента – бура, сверла, отвертки и др. Различают перфораторы электрические и электромагнитные.

Для выполнения различных технологических операций перфораторы комплектуются сменными рабочими инструментами, обеспечивающими их универсальность: шнековыми бурами, буровыми коронками, пиками, ломками, штрабниками, бучардами, зубилами, сверлами различных типов по металлу и дереву, зенкерами, топориками и стамесками для обработки дерева, приспособлениями для забивки дюбелей, завинчивания винтов и шурупов и др.

Электрические перфораторы предназначены для работы в ударном, ударно-вращательном, вращательном режимах, а также в режиме винтоверта. Промышленность выпускает три модели электрических перфораторов с энергией удара 1...2 Дж, которые имеют единые конструктивные схемы и принцип работы и максимально унифицированы.

Электрические перфораторы развивают энергию удара бойка 1,0...2,0 Дж при частоте ударов бойка 25...40 Гц и потребляемой мощности 0,35...0,45

кВт. Диаметр пробуриваемых отверстий 8... 16 мм, глубина бурения 100...200 мм, средняя скорость бурения (бетон класса В15) 90... 100 мм/мин.

Энергия удара бойка электромагнитных перфораторов 2,5 Дж, частота ударов 50 Гц, максимальный диаметр пробуриваемых отверстий 80 мм.

Электрические трамбовки представляют собой высокоманевренные малогабаритные уплотняющие машины, предназначенные для искусственного уплотнения связных и несвязных грунтов в труднодоступных и стесненных местах (вокруг опор, пазухах фундаментов, туннелей, коллекторов, трубопроводов и др.), при засыпке траншей после укладки подземных коммуникаций, утрамбовки щебня и гравия при устройстве полов и искусственных оснований под трубопроводы, уплотнения бетонных смесей, а также при устройстве грунтовых подсыпок и планировочных работ небольшого объема. Каждая трамбовка состоит из электродвигателя, редуктора, кривошипно-шатунного механизма с динамическими гасителями колебаний, ударного механизма пружинного типа, трамбуемого башмака и амортизирующей рукоятки управления трамбовкой.

Электротрамбовки подключают к сети переменного тока нормальной частоты (50 Гц) напряжением 220 В. Электробезопасность трамбовок обеспечивается применением защитно-отключающих устройств.

При производстве строительно-монтажных работ значительный объем составляют операции крепления к строительным основаниям различных строительных деталей, конструкций, оборудования и инженерных коммуникаций. Эти операции выполняются, как правило, с применением ручных машин с пиротехническим приводом – пороховых монтажных пистолетов и пиротехнических оправок, принцип действия которых основан на использовании энергии расширяющихся пороховых газов. Монтажные пистолеты и оправки встраивают (забивают) в бетонные и железобетонные (до класса В30 включительно), металлические (с пределом прочности до 450 МПа), кирпичные, шла-ко- и керамзитобетонные основания силой взрыва порохового заряда специальные крепежные детали – стальные дюбеля.

Автономность источника энергии пороховых пистолетов и оправок обеспечивает их применение независимо от наличия электрической сети и компрессорной установки. С помощью монтажных пистолетов и оправок производят крепление санитарно-технического и электротехнического оборудования, прокладку трубо- и воздухопроводов, крепление гидро-, тепло- и звукоизоляционных материалов, монтаж внутренних стен и перегородок, выполнение отделочных работ, сборку металлоконструкций из деталей небольшой толщины и др. Дюбелями скрепляют детали из угловой, полосовой и листовой стали, крепят рифленый кровельный материал.

Применение монтажных пистолетов и пиротехнических оправок исключает трудоемкую операцию по сверлению гнезд и отверстий в конструкциях, а также расход большого количества дорогостоящих твердосплавных сверл и распорных дюбелей.

В качестве источника энергии монтажных пистолетов и пиротехнических оправок используют специальные беспульные патроны снабженные бездымным порохом с различными по величине зарядами.

Мощность заряда выбирают в зависимости от прочности и вида строительного основания, диаметра и длины дюбеля.

Пистолеты снабжены блокировкой, исключающей случайный выстрел в воздух.

К работе с монтажными пистолетами допускаются лица, прошедшие специальное обучение и получившие соответствующее удостоверение. Операторы при работе используют индивидуальные средства защиты.

**Основы эксплуатации строительных машин** – это комплекс технических, экономических, организационных и других мероприятий, обеспечивающих поддержание машин в работоспособном, исправном состоянии, предупреждение их простоев из-за технических неисправностей.

Техническая эксплуатация включает: обкатку, техническое обслуживание, заправку, хранение, технические осмотры, диагностирование машин и предупреждение или устранение неисправностей.

Работоспособность и эффективность использования строительной машины во многом зависят от надежности ее агрегатов, сборочных единиц и деталей. Надежность важна как для новой машины, так и для капитально отремонтированной.

По мере эксплуатации под действием нагрузок и окружающей среды постепенно:

- искажаются формы рабочих поверхностей деталей;
- увеличиваются зазоры в подвижных и нарушаются натяги в неподвижных соединениях;
- теряется упругость и другие свойства деталей;
- нарушается взаимное расположение деталей, вследствие чего ухудшаются условия зацепления шестерен, возникают дополнительные нагрузки и вибрации;
- образуются нагар и накипь, ухудшающие отвод тепла от теплонагруженных деталей, и т. п.

В результате снижается работоспособность и ухудшаются основные показатели надежности машин.

**Надежность** называется свойство машины или ее составных частей выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих режимам и условиям их использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

В понятие надежность входят безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость как машины в целом, так и отдельных ее частей.

**Безотказность** – свойство машины непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

**Долговечность** – свойство машины сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

**Ремонтопригодность** – свойство машины, заключающееся в приспособлении его к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

**Сохраняемость** – свойство машины непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние.

**Работоспособное состояние (работоспособность)** – состояние машины, при котором она способна выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией. Заданными параметрами могут быть мощность двигателя, расход топлива или масла и др.

**Неработоспособное состояние (неработоспособность)** – состояние машины, при котором хотя бы один заданный параметр не соответствует требованиям, установленным нормативно-технической документацией.

**(Исправное состояние (исправность))** – состояние машины, при котором она соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией.

**Неисправное состояние (неисправность)** – состояние машины, при котором она не соответствует хотя бы одному из требований, установленных нормативно-технической документацией.)

Для оценки надежности машины или другого объекта используются единичные и комплексные показатели.

К единичным показателям относят безотказность работы, наработку на отказ, среднюю наработку на отказ, интенсивность отказов и параметр потока отказов.

**Отказ** – событие, заключающееся в нарушении работоспособности машины. (Нельзя путать отказ с неисправностью.) Например, трещины, вмятины в кабине или оперении машины, подтекание охлаждающей жидкости из радиатора или масла через сальник и т. п. являются неисправностями, так как не нарушают работоспособности машины, а трещина или поломка питательной трубки, прокол шины и т. п. вызывают отказ.

**Наработка** – продолжительность или объем работы машины. Нарботка измеряется в часах, километрах, гектарах и других единицах. В процессе эксплуатации различают суточную, сменную, месячную или годовую наработку, до первого отказа или между отказами, межремонтную и т. п.

**Технический ресурс (ресурс)** – наработка машины от начала эксплуатации или ее возобновление после капитального ремонта до наступления предельного состояния.

**Срок службы** – календарная продолжительность эксплуатации машины или возобновление ее после капитального ремонта до наступления ремонтного состояния. (Нельзя путать срок службы с ресурсом.) Например, ресурс двух

тракторов одной марки одинаков, а срок службы их будет разным, если один из них будет работать в две смены, а второй – в одну.

Комплексные показатели (коэффициент готовности, коэффициент технического использования, коэффициент оперативной готовности, средние суммарные и удельные суммарные трудоемкости и стоимость технического обслуживания и ремонта) применяют для более полной оценки надежности.

Процесс определения технического состояния составных частей и машин в целом с целью установления необходимого их технического обслуживания или ремонта, а также для контроля качества выполненных работ, называется техническим диагностированием.

Оно является составной частью технического обслуживания и ремонта машин.

Стенды, станки, различные приспособления, передвижные мастерские и другое оборудование, используемое при техническом обслуживании и ремонте машин, называются средствами технического обслуживания и ремонта.

Исполнители и средства технического обслуживания и ремонта, используемые в процессе поддержания и восстановления работоспособности или исправности машин согласно положениям и нормам, установленным нормативно-технической документацией, составляют систему технического обслуживания и ремонта машин.

Мероприятия по поддержанию и восстановлению работоспособности или исправности машин, предусмотренные системой технического обслуживания и ремонта, выполняют в плановом порядке. Основной их целью является предупреждение чрезмерного износа деталей машин. Поэтому система технического обслуживания машин называется планово-предупредительной. Она состоит из пяти подсистем: планирования, организации, технологии, материально-технического обслуживания и исполнителей работ.

**Техническое обслуживание и ремонт машин** – составные части эксплуатации, к которой также относятся ввод машин в эксплуатацию, их использование, транспортирование и хранение. Эксплуатация в свою очередь является стадией жизненного цикла машины. Чем совершеннее система технического обслуживания и ремонта машин, тем длительнее их жизненный цикл, тем меньше требуется средств на приобретение новой техники.

Техническое обслуживание и ремонт машин в зависимости от этапа эксплуатации, периодичности, объема работ, условий эксплуатации и других признаков подразделяются на виды технического обслуживания или ремонта.

Техническое обслуживание выполняется на различных этапах эксплуатации машин: при эксплуатационной обкатке, при использовании машин и подразделяется на ежесменное (ЕТО), сезонное (СО) и периодическое технические обслуживания (ТО). Последнее включает первое (ТО-1), второе (ТО-2) и третье (ТО-3) технические обслуживания.

Ремонт машин по объему работ разделяют на текущий и капитальный. Восстановление работоспособности машины путем замены или восстановления ее отдельных составных частей называют текущим ремонтом (Т). Восстановление исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса машины с заменой или восстановлением большего количества составных частей, включая базовые, называют капитальным ремонтом (К).

Интервал времени между отдельными видами технического обслуживания или ремонта называется периодичностью технического обслуживания или ремонта. Главное требование к периодичности технических обслуживаний и ремонтов машины – это кратность. Периодичность капитального ремонта должна быть кратной периодичности текущего ремонта, а она – кратной периодичности ТО-3, периодичность ТО-2 – кратной периодичности ТО-1.

Для большинства машин периодичность технических обслуживаний ТО-1 установлена 125 мото-ч, ТО-2 – 500 и ТО-3 – 100, текущего ремонта – 2000, капитального – 6000 мото-ч. В зависимости от конкретных условий использования машин допускается отклонение от установленной периодичности выполнения технических обслуживаний в пределах  $\pm 10\%$ , а текущего ремонта  $\pm 5\%$ .

Наименьший повторяющийся интервал времени, в течение которого выполняются все установленные виды периодического технического обслуживания в определенной последовательности в соответствии с требованиями и нормативно-технической документацией, называют циклом технического обслуживания.

Установление периодичности технического обслуживания и ремонта в мото-часах позволяет выполнять работы в более точные сроки, когда этого требует техническое состояние машин.

Нарушение установленной периодичности технического обслуживания вызывает увеличение затрат труда, времени и денежных средств не только на обслуживание машин, но и на их ремонт.

При нарушении периодичности обслуживания в сторону увеличения возрастают объемы работ по обслуживанию и ремонту машин, что влечет за собой удлинение простоев машин в ремонте и на обслуживании. При этом потребитель несет дополнительные затраты от увеличенных простоев машин.

Ухудшаются и показатели работы машин при несоблюдении установленной периодичности технического обслуживания.

Другие виды технического обслуживания выполняют не через установленный интервал времени, а в зависимости от периода или этапа эксплуатации машины. Так, ежедневное техническое обслуживание выполняют в начале, в течение или в конце рабочей смены.

Сезонное техническое обслуживание проводят с целью подготовки машин к предстоящему сезону эксплуатации. Критерием проведения сезонного технического обслуживания служит температура окружающего

воздуха. При установившейся температуре воздуха свыше +25 С машины готовят к весенне-летнему периоду эксплуатации, а при температуре воздуха ниже +5 °С – к осенне-зимнему периоду эксплуатации. Сезонное техническое обслуживание совмещают с очередным плановым техническим обслуживанием.

Техническое обслуживание при эксплуатационной обкатке выполняют во время ввода в эксплуатацию новых или капитально отремонтированных машин.

Техническое обслуживание при транспортировании выполняют перед началом, в течение и в конце периода транспортирования машины.

Техническое обслуживание при хранении проводят при подготовке машины к хранению, в процессе ее хранения и при снятии с хранения.

Трудоемкость технического обслуживания и ремонта машин представляет собой затраты труда на выполнение одного вида технического обслуживания или ремонта машины.

Продолжительность технического обслуживания и ремонта – время проведения одного вида технического обслуживания и ремонта машины. Оба показателя являются основными для системы технического обслуживания машины, так как необходимы при планировании потребности в рабочих, оборудовании, передвижных мастерских и производственных площадях стационарных мастерских для технического обслуживания и ремонта машин.

Зимним периодом эксплуатации называется такой период, когда температура окружающего воздуха устанавливается ниже + 5°С.

Эксплуатация машин в зимних условиях затрудняется из-за низких температур воздуха, наличия снежного покрова, сильных ветров и метелей, а также сокращения светлого времени суток.

Низкая температура окружающего воздуха затрудняет пуск двигателя, оказывает отрицательное влияние на работу всех его систем и поддержание нормального теплового режима. Вследствие низких температур окружающего воздуха значительно ухудшается испаряемость бензина и увеличивается плотность воздуха, что приводит к значительному обеднению горючей смеси и плохому ее воспламенению при пуске карбюраторных двигателей. В дизелях вследствие повышения вязкости топлива и снижения температуры воздушного заряда в цилиндрах нарушаются условия смесеобразования и ухудшается самовоспламенение дизельного топлива.

Переохлаждение двигателя в процессе его работы приводит к ухудшению смесеобразования и усилению конденсации горючего, в результате чего увеличивается его расход и снижается мощность двигателя. Конденсат горючего смывает масляную пленку со стенок цилиндров и разжижает масло в картере, что приводит к резкому нарастанию износов деталей двигателя и сокращению срока его службы. Особенно сильно изнашиваются детали при пуске холодных двигателей.

(В составе дизельных топлив содержатся парафиновые углеводороды, характеризующиеся сравнительно высокой температурой плавления. При

понижении температуры воздуха ниже минус  $10^{\circ}\text{C}$  они выпадают из топлива в виде кристаллов, вызывая помутнение топлива, а при дальнейшем охлаждении кристаллы парафинов могут образовать настолько прочную структуру, что топливо теряет текучесть. Прокачиваемость дизельного топлива ухудшается, что может стать причиной прекращения его подачи, особенно на участке между топливным баком и топливоподкачивающим насосом, где оно подается только под воздействием разрежения, создаваемого топливоподкачивающим насосом. Поэтому минимальная температура пуска современных дизелей при работе на летнем дизельном топливе по условиям его воспламеняемости и прокачиваемости составляет минус  $10^{\circ}\text{C}$ . При более низких температурах необходимо применять зимнее дизельное топливо и вспомогательные средства («термостарт», пусковые жидкости, предпусковые подогреватели и др.).)

Повышение вязкости масла при низких температурах воздуха вызывает резкое увеличение сопротивления вращению коленчатого вала, что затрудняет достижение требуемой для пуска двигателя частоты вращения коленчатого вала.

(С понижением температуры ниже минус  $5^{\circ}\text{C}$  вязкость незагущенных масел резко повышается. Незагущенные масла не содержат специальных полимерных загущающих присадок. Загущенными называются масла, при производстве которых в масловязкую масляную основу добавляют специальные полимерные высоковязкие присадки, обеспечивающие повышение вязкости масляной основы (ее загущение) до требуемого уровня при  $100^{\circ}\text{C}$ . В маркировках этих масел указывается прописная или строчная буква «з» (АСЗп-6, АСЗп-10, ДВ АСЗп-10В, МТЗ-10п, ТСз-9ГИП и др.).)

Минимальная температура пуска современных двигателей на незагущенных маслах по условиям проворачиваемости коленчатого вала находится в пределах от минус 15 до минус  $20^{\circ}\text{C}$  для карбюраторных двигателей и от минус 5 до минус  $10^{\circ}\text{C}$  для дизелей.)

Низкая температура окружающего воздуха приводит к увеличению вязкости электролита аккумуляторных батарей, снижению их емкости и способствует быстрому разряду батарей при пользовании стартером.

Особого внимания в зимний период требует система охлаждения. Это связано с опасностью размораживания блока цилиндров и радиатора при использовании воды в качестве охлаждающей жидкости.

Понижение температуры окружающего воздуха способствует увеличению вязкости трансмиссионного масла, что приводит к значительному увеличению потерь на трение в агрегатах и механизмах трансмиссии и ходовой части машин.

(Нормальная работа тормозных систем с гидравлическим и пневмогидравлическим приводами во многом зависит от марки используемой тормозной жидкости.)

Предел работоспособности гидравлического и пневмогидравлического тормозных приводов наступает при максимально допустимой вязкости тормозной жидкости 1500 сСт.

Такую вязкость приобретают тормозные жидкости БСК при минус 15-20, ГТЖ-22 при минус 37-40, ГТЖ-22М и «Нева» при минус 42-45°С.)

В тормозах с пневматическим приводом при низких температурах воздуха ухудшается герметичность тормозной системы, повышается жесткость диафрагм, происходит скопление конденсата в воздушных цилиндрах, пневмоцилиндрах и фильтрах, в результате чего возможно его замерзание и образование ледяных пробок, которые могут вызвать отказ тормозов.

Работоспособность рулевого управления и амортизаторов ухудшается из-за увеличения вязкости гидравлических жидкостей, снижения прокачиваемости жидкостей через калиброванные отверстия, фильтрующие элементы и трубопроводы гидроусилителя, затруднения перемещения золотникового механизма и клапанов.

Под действием низких температур теряют упругие свойства детали, изготовленные из резины, а на их поверхности образуются трещины.

В условиях низкой температуры, снега и ветра:

➤ затрудняются техническое обслуживание и ремонт вследствие низкой температуры инструмента и агрегатов машин, опасности обморожения, неудобства работы в зимней одежде и уменьшения светлого времени суток;

➤ снег проникает через малые отверстия и щели в кабины, кузова и внутрь агрегатов, происходят заносы машин снегом на стоянках;

➤ затрудняются движение и управление машинами на скользких и разбитых дорогах, на крутых подъемах и спусках;

➤ снижается видимость и ухудшается ориентирование на местности;

Техническое обслуживание машин в зимний период также отличается рядом особенностей. Машины должны заправляться закрытой струей и обязательно через установленные в баках топливные фильтры. Топливные баки машин (особенно дизельных) должны заправляться полностью во избежание инееобразования на их стенках.

(Техническое обслуживание необходимо выполнять сразу по прибытии машин в парк, пока агрегаты, сборочные единицы и смазка не остыли.

Перед постановкой машин на стоянку следует сливать отстой из топливных фильтров и отстойников, а из воздушных ресиверов удалять конденсат.

При хранении машин в неотапливаемых помещениях, под навесами или на открытых площадках воду из системы охлаждения обязательно сливать. При сливе воды водитель обязан периодически прочищать сливные краники провололочкой и следить за количеством вытекающей воды. По окончании слива необходимо повернуть коленчатый вал двигателя на 10-15 оборотов для удаления остатков воды из системы, а краники оставить открытыми. Около машины вывешивается табличка «Вода спущена».

При температуре ниже минус 15°C аккумуляторные батареи снимаются с машин, сдаются в аккумуляторную, а около машины вывешивается табличка «Аккумуляторные батареи сняты».

Установленные на стоянках машины запрещается затормаживать стояночной тормозной системой во избежание примерзания колодок к диску (барабану) в случае попадания воды (снега) в тормозную систему. Рабочая тормозная система также должна быть расторможена.)

Существуют два способа пуска двигателей: с предварительным разогревом и без предварительного разогрева, или холодный пуск двигателя. Более целесообразным является первый способ, при котором обеспечивается надежный и быстрый пуск двигателей с наименьшим износом их деталей при любой низкой температуре наружного воздуха.

Средства, обеспечивающие пуск двигателей с предварительным разогревом, подразделяются на групповые и индивидуальные.

К групповым средствам, обеспечивающим одновременный разогрев большого количества двигателей в стационарных условиях, относятся: подогрев горячей водой, пароподогрев, воздухоподогрев, электроподогрев, подогрев инфракрасными излучателями.

(В полевых условиях для разогрева двигателей с помощью горячей воды применяются подвижные водомаслогрейки и водомаслозаправщики, а также воздушные подогреватели типа ИП-40 и МП-Север.

К индивидуальным средствам относятся предпусковые подогреватели, установленные на двигателях. Ими пользуются как в полевых, так и в стационарных условиях.

Пуск двигателя без предварительного разогрева в условиях низких температур (до минус 30°C) обеспечивается применением загущенного моторного масла (АСЗп-6, АСЗп-10, М-6з/10В, ДСЗп-8), низкотемпературной охлаждающей жидкости, оборудованием двигателя пусковым приспособлением и утеплением аккумуляторных батарей.)

В процессе работы механизмов смазка постепенно загрязняется продуктами износа, окисляется и теряет свои смазочные свойства. В процессе работы происходит старение смазочных материалов, которое сопровождается изменением их физико-химических свойств под воздействием высоких температур и кислорода воздуха, а также каталитического действия металлов и продуктов износа, особенно цветных металлов.

Глубокое окисление смазочных материалов наиболее интенсивно протекает при температуре выше 70°C и приводит к образованию низкомолекулярных водорастворимых кислот, приводящих к коррозии металлических поверхностей, трудноудаляемых смолистых отложений, нерастворимых в смазке соединений, отлагающихся в картерах, на клапанах, поршневых кольцах и других деталях.

Отходы нефтепродуктов, в т. ч. отработанные масла, – одна из самых многочисленных групп отходов, которые образуются как при эксплуатации машин, так и в других случаях экономической деятельности организаций.

Отметим, что данные отходы не только опасны для окружающей среды и человека, но и являются ценным видом вторичного сырья. Организации, у которых образуются такие отходы, должны правильно организовать их учет и хранение.

В организации приказом руководителя должен быть назначен ответственный за обращение с отходами и должны быть определены его функции.

Уполномоченное лицо, отвечающее за обращение с отходами, должно быть указано в соответствующем разделе инструкции по обращению с отходами производства.

Если приказом назначено 2 и более уполномоченных лица, ответственных за организацию обращения с отходами производства, то приказом надо также назначить координатора (ответственного) по обращению с отходами производства.

Организация должна обеспечить ведение учета отходов в виде отработанных масел в книгах определенной формы.

Организация должна разработать и утвердить инструкцию по обращению с отходами производства.

Порядок разработки и утверждения такой инструкции определен Инструкцией о порядке разработки и утверждения инструкции по обращению с отходами производства, утвержденной постановлением Минприроды РБ от 22.10.2010 № 45.

Согласование инструкции по обращению с отходами производства осуществляет территориальный орган Минприроды.

## **1.2 Темы реферативных работ**

1. Заводы Беларуси по выпуску строительных машин.
2. Пути совершенствования строительных машин.
3. Классификация редукторов. Главные параметры различных типов редукторов. Примеры использования различных типов редукторов в конструкциях строительных машин.
4. Об использовании гидравлических передач в строительных машинах. Основные элементы гидрообъемной передачи и обозначение их на принципиальных гидравлических схемах.
5. Применение тракторов в качестве базы для строительных машин. Классификация тракторов по классам. Особенности конструкции тракторов повышенной проходимости.
6. Применение автомобильных шасси в качестве базы для строительных машин.
7. Ленточные конвейеры: классификация, обозначение, основные параметры. Примеры применения ленточных конвейеров в конструкциях мелиоративных и строительных машин.

8. Назначение простейших ГПМ в строительстве. Примеры использования их в конструкциях строительных машин.
9. Строительные подъемники: назначение, классификация. Особенности самоходных подъемников для работы в садово-парковом хозяйстве и внутри зданий.
10. Современное состояние производства автогрейдеров. Основные производители данных машин в РБ и РФ.
11. Номенклатура грунтовых катков, выпускаемых в РБ и РФ. Сфера использования грунтовых катков в строительстве.
12. Классификация щековых дробилок. Основные параметры. Маркировка. Тенденции развития конструкций.
13. Характеристика выпускаемых отечественных и зарубежных передвижных дробильно-сортировочных установок.
14. Общая характеристика автобетоносмесителей производства РБ. Особенности конструкции автобетоносмесителей.
15. Машины для земляных работ в прочных и мерзлых грунтах.

### **1.3 Темы для самостоятельной работы**

1. Пути обновления машинных парков строительного комплекса
2. Пневмотранспортные установки. Классификация, применение. Конструкции.
3. Основные понятия о разработке грунтов с применением средств гидромеханизации. Гидромониторы и землесосные установки.
4. Типоразмерный ряд погрузчиков Амкодор
5. Оборудование для укладки и уплотнения бетонной смеси. Назначение, классификация и принцип работы.
6. Эргономика. Безопасная эксплуатация строительных машин.
7. Инновационное оборудование для получения полезных продуктов из отработанных строительных материалов и конструкций.
8. Многофункциональные строительные машины.

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Перечень тем лабораторных занятий

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

#### Изучение устройства и работы объемного гидропривода строительных машин

##### Задание к лабораторной работе

1. Изучить назначение, устройство и принцип работы основных элементов объемного гидропривода.
2. Изучить условные обозначения основных элементов объемного гидропривода.
3. Вычертить принципиальную гидравлическую схему объемного гидропривода (рис. 1.1.).
4. Произвести расчет производительности и мощности насоса в соответствии с вариантом задания (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Параметры	Обо- значе- ние	Варианты задания									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рабочий объем насоса, см <sup>3</sup>	$V_{но}$	10	25	20	25	40	63	50	63	80	100
Частота вращения вала насоса, с-1	$n_n$	25	30	25	25	17	18	30	27	17	35
Давление рабочей жидкости, МПа:	$P_n$	6,3	10	16	6,3	10	12,5	20	16	6,3	20
КПД гидромеханический насоса	$\eta_{нмех}$	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,89
КПД объемный насоса	$\eta_{но}$	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,83	0,84

Объемным гидроприводом называется совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством рабочей жидкости, находящейся под давлением. Гидропривод состоит из насоса (одного или нескольких насосов), гидродвигателей (возвратно-поступательного или вращательного действия), контрольно-регулирующей и распределительной гидроаппаратуры, гидробака, фильтров и охладителей (средств, сохраняющих качество рабочей жидкости), трубопроводов.

На рисунке 1.1 изображена принципиальная гидравлическая схема изучаемого объемного гидропривода, состоящего из двигателя 1 для привода вала насоса 2, предохранительного гидроклапана 3 для контроля давления в трубопроводе на выходе из насоса, гидрораспределителей 4,5, предохранительных гидроклапанов 6,7 для предохранения от гидроударов гидромотора 8, дросселя 9, обратного гидроклапана 10, гидроцилиндра 11, фильтра 12 для очистки рабочей жидкости, предохранительного гидроклапана 13 для контроля давления в сливной магистрали (в случае засорения фильтра), гидробака 14.

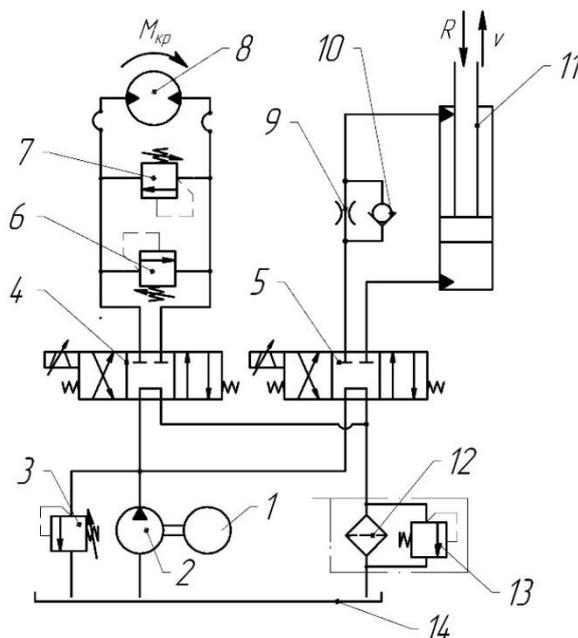


Рис. 1.1. Принципиальная гидравлическая схема объемного гидропривода

Насос 2 предназначен для преобразования механической энергии входного вала, приводимого от двигателя 1 (электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания), в гидравлическую энергию потока рабочей жидкости. При этом величина давления на выходе из насоса зависит от совокупности сопротивлений, встречаемых потоком рабочей жидкости на пути от насоса до гидробака. В случае, когда оба гидрораспределителя 4 и 5 находятся в нейтральной позиции (на рисунке 1 гидрораспределители подключены в нейтральной позиции), поток рабочей жидкости от насоса 2 проходит в гидробак через фильтр (холостой режим работы).

В случаях, когда один или оба гидрораспределителя 4,5 переводятся из нейтрального в любое рабочее положение (необходимо мысленно перенести крайний правый или левый квадрат позиции гидрораспределителя на место нейтральной позиции и совместить стрелки, указывающие направление потоков, с подводными гидролиниями) – в работу включатся соответственно один или оба гидродвигателя (гидромотор 8 и гидроцилиндр 11). Направление движения гидродвигателей (вращение вала гидромотора в сторону по часовой стрелке или против часовой стрелке, выдвигание или втягивание штока гидроцилиндра) зависят от включения рабочих позиций гидрораспределителей 4, 5.

В случае, когда в рабочие позиции включены два гидрораспределителя, одновременная работа гидродвигателей возможна только при одинаковых потребных давлениях. При неравных потребных давлениях на входах в гидромотор и гидроцилиндр их совместная работа невозможна, так как весь поток рабочей жидкости будет уходить в сторону меньшего сопротивления. Это означает, что выходное звено более нагруженного гидродвигателя (шток гидроцилиндра или вал гидромотора) не будет перемещаться, а весь поток жидкости будет совершать работу по перемещению менее нагруженного выходного звена второго гидродвигателя.

Если в гидроприводе давление превышает допустимое значение, срабатывает предохранительный гидроклапан 3, отводящий часть потока рабочей жидкости от насоса в гидробак (режим перегрузки, обеспечивающий ограничение давления в гидроприводе и защиту его элементов от разрушения).

Для обеспечения плавности перемещения штока гидроцилиндра (при передвижении грузов) в гидроприводах используются замедлительные устройства, обычно состоящие из дросселя 9 и обратного клапана 10. При выдвигании штока гидроцилиндра 11 вверх жидкость из штоковой полости будет вытесняться через дроссель 9, который представляет собой гидравлическое сопротивление и обеспечивает плавность хода. Движение штока в противоположном направлении осуществляется при подаче жидкости в штоковую полость гидроцилиндра через дроссель 9 и обратный клапан 10, что обеспечивает увеличение скорости перемещения штока.

Два предохранительных гидроклапана 6 и 7 обеспечивают защиту гидромотора 8 от гидроударов при внезапном торможении привода (резком перемещении золотника гидрораспределителя из рабочей позиции в нейтральную).

Очистку рабочей жидкости от загрязнений (абразивов, продуктов изнашивания) в гидроприводах обеспечивают фильтры различного конструктивного исполнения.

Гидродвигателями называются устройства, предназначенные для преобразования гидравлической энергии потока рабочей жидкости в механическую энергию их выходного звена.

Гидродвигатели, выходные звенья которых совершают линейные возвратно-поступательные движения, называются гидравлическими цилиндрами (гидроцилиндрами). Выходными звеньями гидроцилиндров являются штоки.

Гидродвигатели, выходные звенья которых совершают вращательные движения, называются гидравлическими моторами (гидромоторами). Выходными звеньями гидромоторов являются валы.

В зависимости от угла поворота выходного звена гидромоторы подразделяются на полно- ( $\alpha > 360^\circ$ ) и неполноповоротные ( $\alpha < 360^\circ$ ).

Гидромашины, в которых рабочий процесс осован на использовании кинетической энергии жидкости, называют динамическими, а машины, в

которых процесс основан на использовании потенциальной энергии жидкости - объемными.

Основной особенностью объемных гидромашин является то, что они содержат, по крайней мере, одну рабочую камеру, объем которой изменяется в течение рабочего цикла. При этом каждая рабочая камера содержит подвижный элемент - вытеснитель, предназначенный для изменения ее объема. В качестве вытеснителей могут служить поршни, плунжеры, зубья шестерен, ролики, пластины, мембраны и т.д.

В процессе работы объемной гидромашины каждая ее рабочая камера поочередно сообщается с линией низкого и высокого давления, т.е. со всасывающей и нагнетательной линиями, а у двигателей – с линией высокого давления и с линией слива.

Величина развиваемого насосом давления зависит от сопротивления потребителя (гидродвигателя) и соединительных трубопроводов.

Величина потребляемого гидродвигателем давления рабочей жидкости зависит от величины реализуемой им нагрузки на выходном звене.

В гидроприводах мобильных машин применяют роторно-вращательные и роторно-поступательные насосы и гидромоторы, которые по виду рабочих органов разделяют на шестеренные, шиберные (пластинчатые) и поршневые. Различают радиальные и аксиальные роторно-поршневые гидромашин. По конструкции механизма передачи движения радиально-поршневые гидромашин классифицируют на кулачковые и кривошипные, а аксиально-поршневые – с наклонным блоком цилиндров и с наклонным диском.

Роторные гидромашин могут быть выполнены с нерегулируемым и регулируемым рабочим объемом и предназначены для работы как в режиме объемного насоса, так и в режиме объемного гидромотора с реверсивным и нереверсивным направлениями вращения вала, и с реверсивным и нереверсивным направлениями движения потока рабочей жидкости.

В объемных гидроприводах мобильных машин широко применяют обратимые аксиально-поршневые гидромашин, предназначенные для использования как в режиме насоса, так в режиме гидромотора.

Рабочим объемом насоса называется разность наибольшего и наименьшего значений его замкнутого объема за оборот вала. Фактически рабочий объем представляет собой объем вытесненной из насоса рабочей жидкости за один оборот его вала, и измеряется в сантиметрах кубических за один оборот – см<sup>3</sup>/об.

Количество рабочей жидкости, подаваемой насосом в систему за единицу времени, называется его подачей.

Если известен рабочий объем насоса  $V_{но}$  и частота вращения его вала  $n_n$ , его идеальную подачу можно определить по формуле:

$$Q_{ид} = V_{но} n_n \quad (1.1)$$

В связи с тем, что между подвижными элементами насоса имеют место утечки рабочей жидкости, фактическая подача будет всегда меньше идеальной, т.е

$$Q_{i\delta} = V_{ii} n_i \eta_{ii} \quad (1.2)$$

где  $\eta_{ii} = \frac{Q_{i\delta}}{Q_{i\delta\delta}} = \frac{Q_{i\delta\delta} - Q_{i\delta}}{Q_{i\delta\delta}}$  – объемный КПД насоса,

$Q_{i\delta}$  – величина утечек через зазоры в насосе.

Мощность, необходимую для привода насоса определяют по формуле

$$N_i = \frac{Q_{i\delta} \delta_i}{\eta_{ii} \eta_{ii\delta\delta}} \quad (1.3)$$

где  $p_n$  – величина давления на выходе из насоса;

$\eta_{\text{нмех}}$  – гидромеханический КПД насоса.

В гидроприводах строительных и дорожных машин наиболее широко используются в качестве насосов шестеренные и аксиально-поршневые, а в качестве гидромоторов – аксиально- и радиально-поршневые.

Шестеренные насосы и гидромоторы – это гидромашинны с рабочими камерами, образованными поверхностями зубчатых колес, корпуса и боковых крышек.

Шестеренные гидромашинны выполняют с шестернями внешнего или внутреннего зацепления.

Конструкция шестеренного насоса с внешним зацеплением шестерен, представленная на рисунке 1.2, включает две крышки 1, 5, корпус 2, ведущую вал-шестерню 3, ведомую шестерню 7, устанавливаемую в корпусе посредством отверстия 8 на неподвижной оси 6, фиксирующий штифт 9, крепежные элементы 10, 11.

Рабочий процесс шестеренного насоса с внешним зацеплением происходит следующим образом (рисунок 1.3). Ведущая шестерня 1 приводит во вращательное движение ведомую шестерню 2. При вращении шестерен в противоположные стороны в участке 3, где их зубья выходят из зацепления, увеличивается объем рабочей камеры, что приводит к понижению давления рабочей жидкости до вакуумметрического значения.

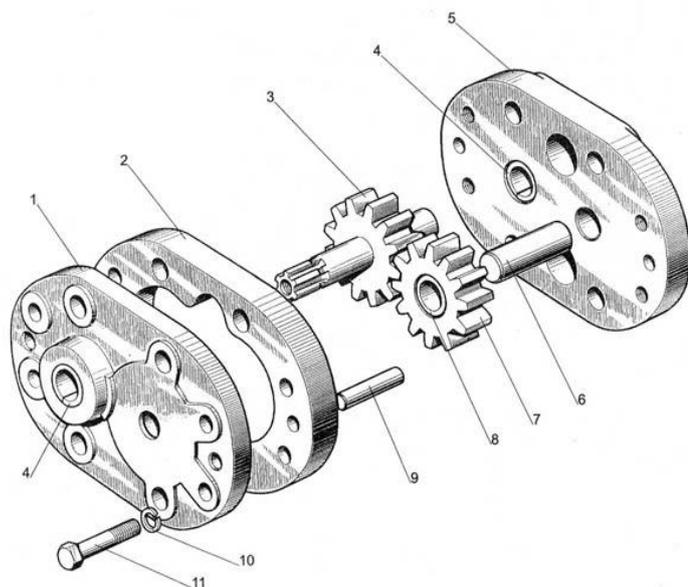


Рис. 1.2. Конструкция шестеренного насоса с внешним зацеплением шестерен

За счет образовавшегося перепада давления между гидробаком и всасывающей камерой насоса рабочая жидкость из гидробака будет поступать в межзубьевое пространство шестерен. При дальнейшем движении шестерен рабочая жидкость во впадинах между зубьями переносится из зоны всасывания 3 в зону нагнетания 4, где зубья шестерен, входящие в зацепление, вытесняют жидкость из впадин в нагнетательную гидролинию под давлением, величина которого зависит от сопротивления потребителя и соединительных трубопроводов.

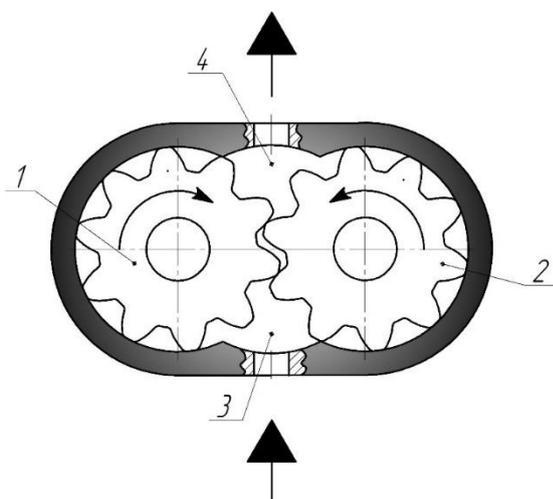


Рис. 1.3. Насос шестеренный

В радиальной гидромашине однократного действия (рис. 1.4) статор 1 размещен с эксцентриситетом  $e$  относительно ротора (блока цилиндров) 2 подвижно. В цилиндрах, радиально выполненных в роторе, установлены плунжеры 3, контактирующие с опорной поверхностью статора. Радиальная гидромашина однократного действия в функции насоса работает следующим образом. При вращении ротора плунжеры совершают сложное движение – вращаются вместе с ротором и за счет центробежных сил прижимаются к

направляющей дорожке статора, копируя ее, и совершают возвратно-поступательные движения, обеспечивающие изменение объемов рабочих камер цилиндров. В цилиндрах, проходящих при вращении зону полости (окна) 4, происходит увеличение объемов рабочих камер и заполнение их жидкостью, т.е. процесс всасывания. При переходе цилиндров в зону полости 5 происходит уменьшение объемов их рабочих камер и вытеснение жидкости в нагнетательную линию, т.е. процесс нагнетания.

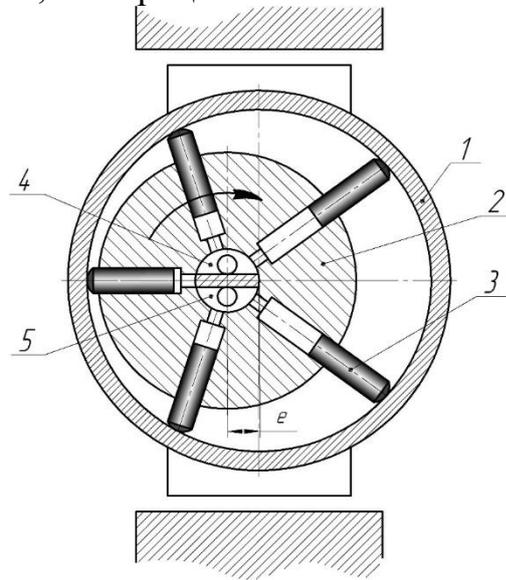


Рис. 1.4. Радиально-поршневая гидромашина

Регулирование величины рабочего объема радиальных машин однократного действия достигается за счет изменения величины эксцентриситета  $e$ .

Работа радиальной гидромашины в функции гидромотора происходит следующим образом. В зависимости от требуемого направления вращения гидромотора рабочая жидкость подается в соответствующую полость (окно) 4 или 5. При этом на каждый из плунжеров, находящихся в зоне окна, через которое подводится рабочая жидкость, действует сила ее давления. В зоне контакта плунжера с наклонной поверхностью направляющей дорожки статора сила давления разлагается на нормальную и тангенциальную составляющие. Под воздействием тангенциальной составляющей происходит вращение ротора и, соответственно, выходного вала гидромашины.

Особенностью устройства радиальных гидромашин многократного действия является то, что их статоры выполнены с профильными направляющими дорожками, а число разделительных поясков на цапфовом распределителе в два раза больше кратности гидромашины.

Для увеличения рабочего объема радиальные гидромашины иногда выполняются многорядными с расположением цилиндров в нескольких параллельных плоскостях.

Аксиальные гидромашины характеризуются тем, что оси их цилиндров параллельны оси вращения блока цилиндров или составляют с ней угол не более 45 градусов.

К положительным качествам аксиальных гидромашин следует отнести:

- высокое рабочее давление (35...70 МПа);
- быстроходность (80...550 с<sup>-1</sup>);
- малую металлоемкость (0,5...0,6 кг/кВт);
- широкий диапазон регулирования частоты вращения вала гидромотора (1:100 – при переменных и 1:1000 – при постоянных нагрузках);
- возможность работы гидромоторов на низких частотах вращения (до 0,01 с<sup>-1</sup>);
- большую долговечность (до 12000 ч);
- высокое быстродействие (изменение подачи от нулевой до максимальной и наоборот за 0,04...0,08 с);
- низкие эксплуатационные затраты и быструю окупаемость.

Различают аксиальные гидромашины с наклонным блоком цилиндров и с наклонной шайбой.

На рисунке 1.5 изображены основные элементы конструкции аксиально-поршневой гидромашины с наклонной шайбой.

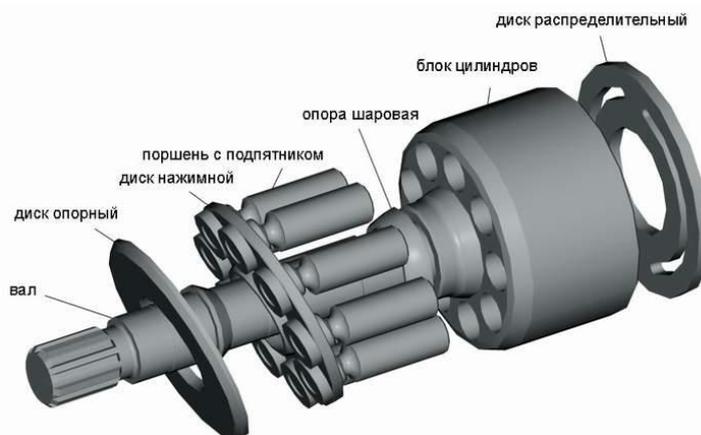


Рис. 1.5. Элементы конструкции аксиально-поршневой гидромашины с наклонной шайбой

На рисунке 1.6 представлена конструктивная схема аксиально-поршневой гидромашины с наклонной шайбой.

Рассматриваемая гидромашина состоит из блока цилиндров 1, плунжеров 2, торцового распределителя 3 с входным и выходным каналами 4, 5, пружин 6, наклонной шайбы 7, установленной на подшипниках 8 опорного диска 9, вала 10.

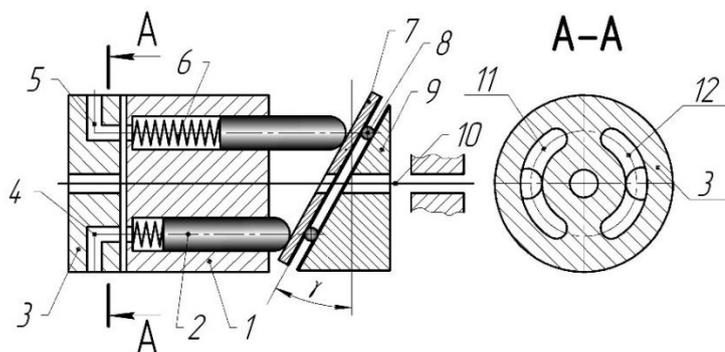


Рис. 1.6. Конструктивная схема аксиально-поршневой гидромашины с наклонной шайбой

При работе гидромашины в функции насоса вал 10 приводит во вращение блок цилиндров 1, в котором совершают возвратно-поступательное движение плунжеры 2.

При этом блок цилиндров скользит по неподвижной торцевой поверхности распределителя 3, связывающего аксиальные цилиндрические отверстия блока с входным и выходным отверстиями 4, 5 торцевого распределителя 3 посредством серповидных окон 11, 12. Величина хода плунжеров и соответственно – подача насоса – определяются углом наклона  $\gamma$  шайбы 7. Когда плунжеры под воздействием пружин 6 выдвигаются из блока цилиндров и одновременно поворачиваются вместе с блоком, скользя при этом по отверстию 11 торцевого распределителя 3, происходит процесс всасывания рабочей жидкости, при их обратном ходе с одновременным скольжением по серповидному отверстию 12 – нагнетания. За один оборот вала каждый плунжер совершает один рабочий цикл.

На рисунке 1.7 представлена конструктивная схема аксиально-поршневой гидромашины с наклонным блоком цилиндров.

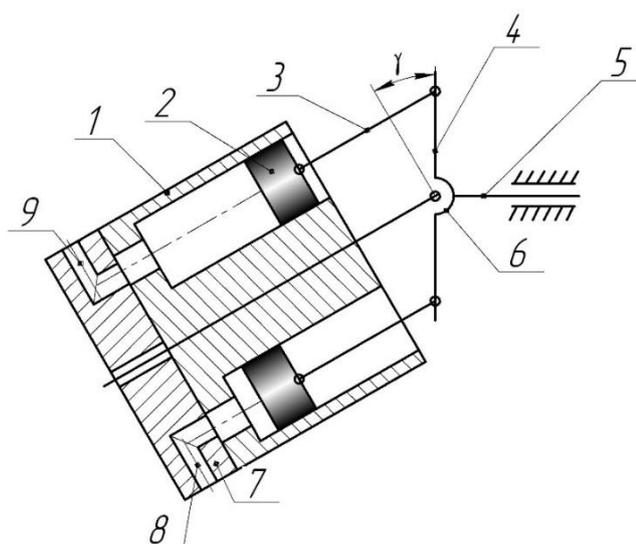


Рис. 1.7. Аксиально-поршневая гидромашина с наклонным блоком цилиндров

Гидромашина состоит из блока цилиндров 1, поршней 2, шатунов 3, фланца 4, связанного с валом 5 посредством карданной передачи 6, торцового распределителя 7 с входным и выходным отверстиями 8, 9.

Благодаря наличию угла наклона  $\gamma$  между блоком цилиндров и фланцем 4 поршни 2 совершают возвратно-поступательное движение при одновременном вращении вокруг оси вала карданной передачи 6. За один оборот вала каждый поршень совершает один рабочий цикл, состоящий из тактов всасывания и нагнетания рабочей жидкости при работе в режиме насоса, и тактов нагнетания и слива рабочей жидкости при работе в режиме гидромотора.

Гидроцилиндром называется гидродвигатель, выходное звено которого совершает линейные возвратно-поступательные движения. В зависимости от направления реализуемого рабочего (полезного) усилия гидроцилиндры подразделяются на одно- и двухстороннего действия.

На рисунке 1.8 изображена конструкция гидроцилиндра двухстороннего действия.

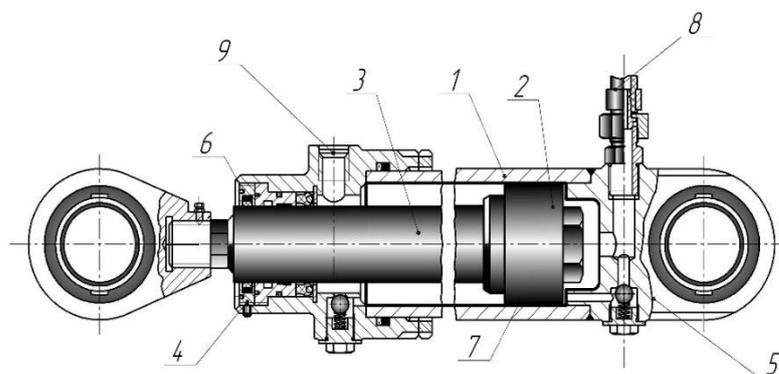


Рис. 1.8. Гидроцилиндр двухстороннего действия

В гидроцилиндрах двухстороннего действия движение выходного звена (штока) 3 происходит в обе стороны под давлением рабочей жидкости, воздействующей на рабочие поверхности поршня 2,двигающегося в корпусе 1, закрытом с торцевых сторон двумя крышками 4, 5. Уплотнения 6 в крышке 4 предотвращают вытекание рабочей жидкости из штоковой полости корпуса наружу, а уплотнения 7 ограничивают перетекание рабочей жидкости из полости высокого давления в полость низкого давления внутри корпуса гидроцилиндра. К отверстиям 8 и 9, выполненным в крышках, подключаются трубопроводы для сообщения гидроцилиндра с гидролиниями напора и слива.

В гидроцилиндрах одностороннего действия движение выходного звена в одну сторону происходит за счет давления рабочей жидкости, а в противоположную – за счет внешних сил (нагрузки).

Гидравлическими распределителями (гидрораспределителями) называют устройства, предназначенные для изменения направления потока рабочей жидкости в объемных гидроприводах, для пуска и остановки гидродвигателей, обеспечения их реверсивного движения.

В гидроприводах строительных машин наиболее часто используются гидрораспределители золотникового типа. На рисунках 1.9-1.11 представлена конструкция золотникового гидрораспределителя, соответствующая условным обозначениям 4 и 5 на схеме, изображенной на рисунке 1.1.

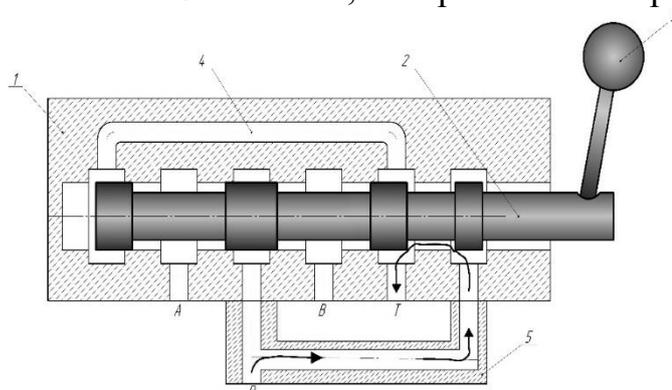


Рис. 1.9. Гидрораспределитель с золотником, установленным в нейтральную позицию

Гидрораспределитель состоит из корпуса 1, золотника 2 и рычага управления 3. Каналы корпуса, посредством которых гидрораспределитель соединяется с элементами объемного гидропривода, имеют буквенное обозначение. Канал, обозначенный буквой «Р» на рисунках 1.9-1.11 в соответствии со схемой 1.1 подключается к напорной магистрали насоса 2. Каналы А и В – к гидродвигателю (к гидроцилиндру 11 или к гидромотору 8), канал Т – к сливной магистрали, проходящей через фильтр 12.

При установке золотника 2 в нейтральную позицию (см. рис. 1.9) рабочая жидкость проходя в соединение 5 напорного канала Р через зону кольцевых проточек между корпусом и золотником, поступает в канал Т на слив. Гидродвигатель при этом остановлен.

При перемещении золотника в первую рабочую позицию (рис. 1.10) гидродвигатель включается в работу посредством жидкости, поступающей из напорной магистрали через канал Р в канал А, соединенный трубопроводом с рабочей полостью гидродвигателя. Из второй рабочей полости гидродвигателя жидкость через канал В проходит в канал Т на слив в бак.

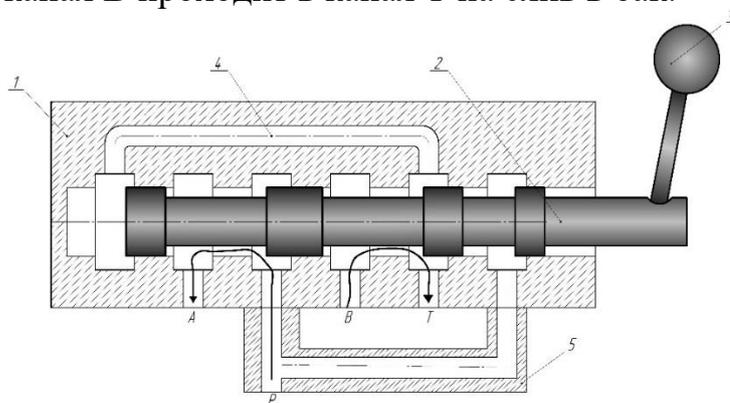


Рис. 1.10. Гидрораспределитель с золотником, установленным в первую рабочую позицию

При перемещении золотника во вторую рабочую позицию (рис. 1.11) выходное звено гидродвигателя (шток гидроцилиндра или вал гидромотора) совершает реверсивное движение под воздействием жидкости, поступающей из напорного канала Р в канал В. Через канал А жидкость от гидродвигателя сливается по каналу Т в гидробак.

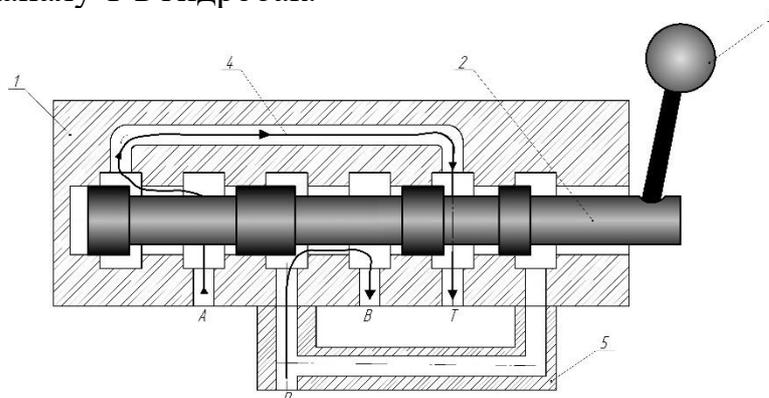


Рис. 1.11. Гидрораспределитель с золотником, установленным во вторую рабочую позицию

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Изучение устройства и определение производительности бульдозеров

#### Задание к лабораторной работе

1. Изучить назначение, классификацию, устройство и работу бульдозеров.
2. Вычертить схему бульдозера и гидравлическую систему управления отвалом (в соответствии с указанием преподавателя).
3. Определить эксплуатационную производительность бульдозера при копании и перемещении грунта, а также при планировочных работах в соответствии с вариантом задания (табл. 2.1).

Таблица 2.1

№ пп	Параметры	Обозначения	Варианты задания					
			1	2	3	4	5	6
1	Средняя глубина копания, м	$h$	0,07	0,16	0,12	0,18	0,20	0,15
2	Путь транспортирования, м	$l_{тр}$	70	80	30	60	100	40
3	Угол местности, град: подъем, спуск	$\alpha, \pm$	+5	-5	-10	-10	0	+10
4	Род грунта (табл. 2.2)		СГ	ПС	СЛ	ПК	ПС	СП

5	Длина планируемого участка, м	$l$	70	60	80	70	80	50
6	Угол установки отвала в плане, град	$\varphi$	90	63	90	63	90	63
7	Ширина перекрытия проходов, м	$b$	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3
8	Число проходов при планировании	$n_{np}$	2	1	2	2	1	3
9	Размеры отвала, м длина высота	$L$	2,56	3,97	2,60	4,12	3,64	2,86
		$H$	0,80	1,00	0,90	1,00	1,23	0,95
10	Скорость движения, км/ч при копании при транспортировании и обратном ходе	$v_k$	2,42	2,36	3,47	3,2	2,85	3,47
		$v_{тр} v_o$	3,04	3,78	4,66	3,92	5,04	4,66

Бульдозеры предназначены для послойной разработки (копания) и перемещения грунта на расстояние до 100 м, а также для выполнения планировочных работ.

Бульдозеры классифицируют по номинальному тяговому усилию, типу ходовых систем базовых машин, назначению, конструктивным особенностям навесного оборудования.

Основным классификационным параметром, является номинальное тяговое усилие, по которому различают бульдозеры:

- 1) очень легкие (малогабаритные) – с номинальным тяговым усилием до 25 кН,
- 2) легкие – 25...135 кН,
- 3) средние – 135...200 кН,
- 4) тяжелые – 200...350 кН,
- 5) сверхтяжелые – свыше 350 кН.

Модели гусеничных бульдозеров определены по тяговым классам тракторов типоразмерным рядом: 3, 4, 6, 10, 15, 25, 35, 50, 75 и 100, охватывающим бульдозеры с номинальным тяговым усилием трактора 30...1000 кН.

По типу ходовой системы различают бульдозеры гусеничные и пневмокошесные. Гусеничные машины получили преимущественное распространение благодаря низкому давлению на грунт в сочетании с реализацией значительных тяговых усилий и высоких сцепных свойств ходовых систем. Колесные машины применяются тогда, когда определяющими в работе являются высокие транспортные скорости.

По назначению различают бульдозеры общего, специального и многоцелевого назначения.

Бульдозеры общего назначения приспособлены для выполнения

землеройно-транспортных и планировочных работ в различных грунтовых условиях при температуре окружающего воздуха +40...-40°C.

*Бульдозеры специального назначения* обеспечивают выполнение узкоспециализированных работ определенного вида: чистку снега, сгребание торфа, разработку сыпучих материалов, толкание скреперов при загрузке, проведение подземных работ и т.д.

*Бульдозеры многоцелевого назначения* наряду с выполнением традиционных землеройно-транспортных работ используются для разработки и засыпки узкопрофильных траншей, каналов, скважин, проведения земляных работ на мерзлых грунтах, погрузочно-разгрузочных работ. В этом случае бульдозерное оборудование агрегируют с задним оборудованием экскаватора, рыхлителя, каналокопателя, бурильно-крановой машины или используют в наборе рабочих органов.

*По способу установки рабочего органа* различают бульдозеры с неповоротным и поворотным отвалами. Бульдозер с неповоротным отвалом (рис.2.1) имеет неизменяемое положение рабочего органа, перпендикулярное продольной оси трактора, у бульдозера с поворотным отвалом (рис.2.2) рабочий орган может быть установлен под углом в обе стороны к оси трактора. Оба типа бульдозеров могут быть оборудованы механизмом перекоса отвала.

*По типу отвала* подразделяют бульдозеры с прямым, полусферическим, сферическим и специальным (угольным, для сыпучих материалов, с толкающей плитой, с амортизаторами и т. п.) отвалом.

*По приводу рабочего оборудования* различают бульдозеры с гидравлическим и канатно-блочным управлением. Все современные бульдозеры оснащают гидрофицированным управлением подъема-опускания отвала, а тяжелые бульдозеры – также гидроперекосом отвала.

Бульдозер (рис.2.1-2.2) состоит из трактора и бульдозерного оборудования, содержащего рабочий орган – отвал с ножом, установленный впереди трактора, толкающую раму или толкающие брусья, элементы крепления оборудования к трактору, агрегаты гидропривода.

*Неповоротный отвал 2* (см. рис.2.1) с режущими ножами 3 крепится к базовой машине 1 посредством двух толкающих брусьев 4, шарнирных опор 5, раскосов 6 и гидроцилиндров 7. Штоки гидроцилиндров 7 прикреплены к тыльной стороне отвала, а сами цилиндры – к кронштейнам 8 на раме трактора. Соединение отвала с концами толкающих брусьев бывает жестким неразъемным (брусья приварены к отвалу) и шарнирным. При шарнирном креплении можно регулировать угол резания  $\beta$  (45°...60°) и угол поперечного перекоса в вертикальной плоскости ( $\pm 4...12^\circ$ ). Это достигается применением винтовых раскосов переменной длины или гидроцилиндров, заменяющих раскосы. Винтовой раскос состоит из трубы, навинченной на два шарнирных наконечника, имеющих противоположную по направлению резьбу.

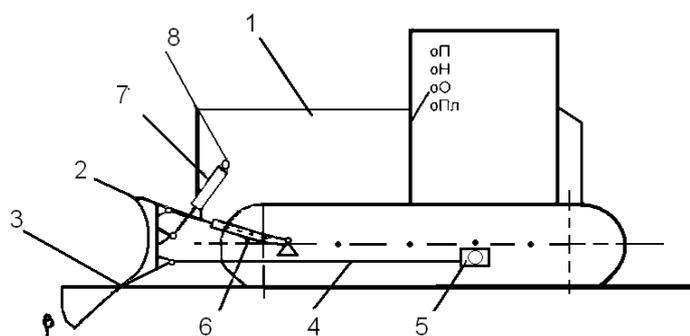


Рис. 2.1. Схема бульдозера с неповоротным отвалом

*Поворотный отвал* (см. рис.2.2) с режущими ножами 3 крепится к базовой машине 1 посредством толкающей П-образной рамы 4, установленной с помощью шарнирных опор 5 и гидроцилиндров 10 на раме машины. В средней точке отвал соединен с толкающей рамой посредством шарового шарнира 8, а по краям – посредством четырех толкателей (раскосов) 6 и 7. Верхние толкатели 6 для регулировки углов резания и поперечного перекоса выполняются винтовыми либо в виде гидроцилиндров. Они соединяют верхнюю часть отвала с нижними толкателями 7, которые, в свою очередь, соединяют нижнюю часть отвала с толкающей рамой. Штоки гидроцилиндров 10 прикреплены к толкающей раме 4, а сами цилиндры – к кронштейнам 11 на раме машины.

На большинстве бульдозеров применяется ручная система поворота отвала в плане. Посредством перестановки задних концов нижних толкателей вдоль толкающей рамы и крепления их в дополнительных предусмотренных для этой цели отверстиях 9 отвал может быть установлен под углом  $\varphi$  относительно шарового шарнира. Эта операция производится до начала работы. При гидравлическом повороте нижние толкатели 7 выполняются в виде гидроцилиндров, и установка отвала в плане производится из кабины. Угол поворота в плане 25...27° в каждую сторону.

Подъем-опускание отвала осуществляют одним или двумя гидроцилиндрами с использованием гидросистемы трактора. Для обеспечения быстрого действия навесной системы и эффективного внедрения отвала в грунт используют мощный гидропривод, потребляющий 30...40% мощности двигателя, с рабочим давлением до 20 МПа.

Гидравлическая система управления отвалом (рис.2.3) состоит из гидроцилиндров 10; масляного насоса 1, имеющего привод от двигателя; маслобака 2; предохранительного клапана 3; фильтра 4; золотникового гидравлического распределителя 5 с рычагом управления 6, расположенным в кабине трактора; маслопроводов 7, 8, 9, 11. Гидроцилиндр 10 подъема отвала состоит из цилиндрического корпуса, поршня 12 и штока 13, соединенного с рабочим оборудованием. Золотник распределителя при управлении отвалом может занимать четыре положения:

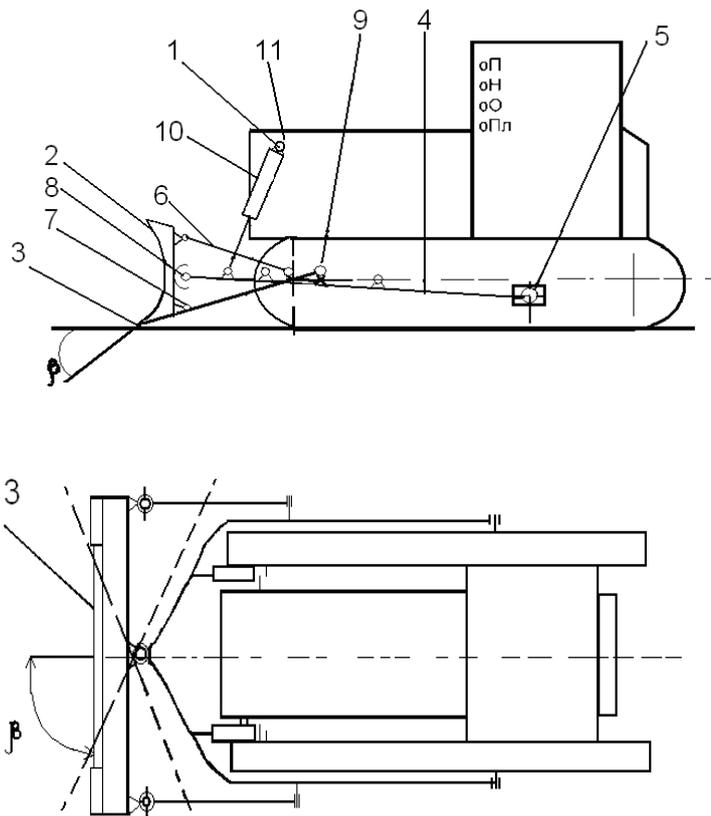


Рис. 2.2. Схема бульдозера с поворотным отвалом

- 1) Н – нейтральное, при котором отвал зафиксирован перекрытием маслопроводов 9 и 11;
- 2) П – подъем отвала посредством подачи масла под давлением в нижнюю полость гидроцилиндра и слива его из верхней полости в бак;
- 3) О – опускание отвала посредством подачи масла в верхнюю полость гидроцилиндра и слива его из нижней полости в бак;
- 4) Пл – плавающее положение отвала посредством соединения противоположных полостей гидроцилиндра друг с другом, а также с баком.

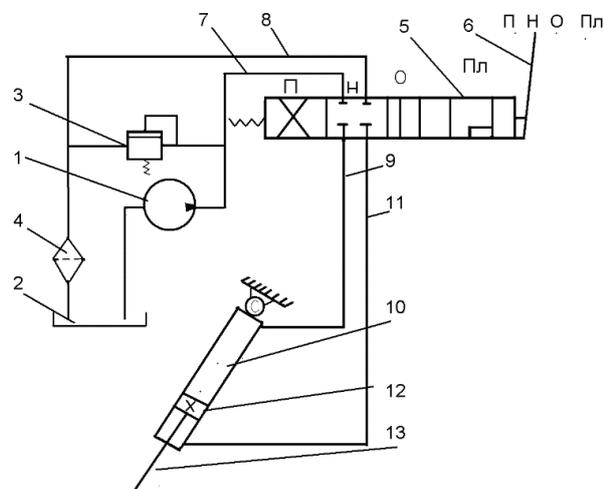


Рис. 2.3. Схема гидравлической системы управления отвалом

Определение эксплуатационной производительности бульдозера при копании и перемещении, а также при планировочных работах осуществляется в соответствии с вариантом задания (таблица 2.1).

Полный рабочий цикл бульдозера при копании и перемещении грунта состоит из следующих операций:

- 1) внедрение отвала в грунт и набор призмы волочения (копание);
- 2) перемещение грунта к месту укладки (транспортирование);
- 3) укладка (разгрузка) грунта слоями или грудками;
- 4) возвращение в забой (обратный ход);
- 5) опускание отвала и установка его в положение внедрения.

Время рабочего цикла бульдозера может быть подсчитано по формуле

$$T_{ц} = t_{к} + t_{мп} + t_{о} + t_{дон}, \text{ с},$$

где  $t_{к}, t_{мп}, t_{о}$  – соответственно время копания, транспортирования и обратного хода;

$t_{дон}$  – дополнительные затраты времени;

$$t_{дон} = t_{н} + t_{он} + 2t_{нов} \approx 0,5 \text{ мин};$$

$t_{н}$  – время переключения передач ( $\approx 5$  с);

$t_{он}$  – время опускания отвала ( $\approx 2$  с);

$t_{нов}$  – время поворота ( $\approx 10$  с).

При челночной схеме работы без поворотов машины  $t_{нов} = 0$ .

Время на укладку грунта в расчете цикла не учтено, так как оно обычно совмещается с временем транспортирования.

Длительность основных операций рабочего цикла определяется с учетом пути и скорости передвижения бульдозера на этих операциях

$$t_{к} = \frac{l_{к}}{v_{к}} \quad t_{мп} = \frac{l_{мп}}{v_{мп}}$$

$$t_{о} = \frac{l_{к} + l_{мп}}{v_{с}}$$

В эти формулы путь подставляется в м, а скорость – в м/с. Копание грунта обычно осуществляется на первой передаче в коробке передач трактора, транспортирование – на второй, а обратный ход – на третьей или задним ходом.

Путь копания зависит от объема грунта  $q$ , накапливаемого перед отвалом, и глубины копания  $h$

$$l_{кон} = \frac{q}{hL}, \text{ м};$$

$$q = \frac{LH^2 k_{oz}}{2 \operatorname{tg} \rho_o k_p}, \text{ м}^3,$$

где  $L, H$  – длина и высота отвала;

$\rho_o$  – угол естественного откоса грунта (табл. 2.2);

$k_p$  – коэффициент разрыхления (табл.2.2);

$K_{оч}$  – коэффициент уменьшения объема призмы грунта (табл.2.3).

Таблица 2.2

Значение угла естественного откоса  $\rho_o$  и коэффициент разрыхления  $k_p$

Род грунта	Сокращенное обозначение	$\rho_o$ , град	$k_p$
Песок средний	ПС	35	1,08...1,17
Песок крупный	ПК	32	1,08...1,17
Супесь	СП	34	1,08...1,17
Суглинок тяжелый	СТ	40	1,24...1,30
Суглинок легкий	СЛ	30	1,15...1,28
Растительный	Р	35	1,24...1,30

Таблица 2.3

Ориентировочные значения коэффициента  $k_{oz}$  уменьшения объема призмы грунта с учетом его вязкости и отношения  $H/L$

$H/L$	Несвязные грунты	Связные грунты
0,15	0,64	0,97
0,20	0,63	0,93
0,25	0,62	0,89
0,30	0,61	0,85
0,35	0,58	0,82
0,40	0,54	0,78

Эксплуатационная производительность бульдозера определяется с учетом количества грунта перед отвалом  $q$ , времени цикла  $T_{ц}$ , и поправочных коэффициентов по формуле

$$P_{э} = \frac{3600q}{T_{ц}} k_n k_y k_e, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $k_n$  – коэффициент, учитывающий потери грунта от дальности транспортирования (табл.2.1)

$$k_n \approx 1 - 0,005l_{mp}$$

$k_y$  – коэффициент, учитывающий изменения производительности в зависимости от угла наклона местности  $\alpha$  к горизонту (табл.2.4);

$k_e$  – коэффициент использования машины по времени (0,8...0,9).

Для увеличения производительности бульдозера при копании легких грунтов с обоих концов отвала устанавливаются сменные уширители, открьлки и удлинители, применяют сферические и полусферические отвалы. Для уменьшения потерь грунта при транспортировании используют технологические приемы:

- 1) перемещение с непрерывным дополнительным подрезанием грунта на глубину 5...10 см для компенсации потери;
- 2) перемещение в ранее сооруженной с помощью двух валиков грунта траншее, которая предохраняет призму грунта от потерь;
- 3) перемещение с промежуточным накоплением грунта, который подхватывается отвалом при последующих проходах и восполняет потери.

Таблица 2.4

$\alpha$ , град	0	подъем			спуск		
		+5	+10	+15	-5	-10	-15
$k_y$	1	0,8	0,5	0,45	1,3	1,8	2,3

Эксплуатационная производительность бульдозера при планировочных работах находится по формуле

$$P_3 = \frac{3600l(L-b)k_e}{n_{np}(l/V_{nl} + t_{нов})}, \text{ м}^2/\text{ч},$$

где  $n_{np}$  – число проходов при планировочных работах.

Величины, входящие в формулу для расчета  $P_3$ , даны в табл. 2.1.  $v_{nl}$  можно принять равной  $v_{mp}$ , а  $k_e$  и  $t_{нов}$  могут быть приняты из предыдущего расчета.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Изучение устройства и рабочего процесса многофункционального погрузчика Амкодор 211

#### Задание к лабораторной работе

1. Изучить, устройство и рабочий процесс многофункционального погрузчика «Амкодор 211».

2. Вычертить принципиальную схему погрузчика.
3. Определить эксплуатационную производительность многофункционального погрузчика «Амкодор 211».

Одноковшовые погрузчики представляют собой самоходные универсальные машины, предназначенные для механизации погрузочных, землеройно-погрузочных и строительно-монтажных работ. Универсальность погрузчиков обеспечивается наличием широкой номенклатуры быстросъемных сменных рабочих органов – ковшей различных типов и вместимостей, вилочных, челюстных и монтажных захватов, крановых без блочных стрел, навесных рыхлителей, буров и др.

Одноковшовые погрузчики классифицируют: по типу ходового устройства на гусеничные и пневмоколесные; по расположению рабочего органа относительно двигателя – с передним и задним расположением; по способу разгрузки рабочего органа – с разгрузкой вперед, назад (через себя) и в бок (в одну или обе стороны).

Рабочий процесс погрузчика состоит из нескольких операций:

1. Набор грунта (материала) и подъем рабочего оборудования.
2. Транспортирование материала к месту выгрузки (в отвал или транспорт).
3. Выгрузка.
4. Возвращение к месту набора.

Погрузчик с бортовым поворотом «Амкодор 211» (рис. 3.1) предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных и земляных работ на грунтах I, II категорий и других работах в стесненных условиях для использования в промышленном и гражданском строительстве, в коммунальном хозяйстве, выполнения складских работ, для уборки территории, ремонта покрытий рабочих площадок и подъездных путей и т.д.

Погрузчик предназначен для эксплуатации в районах с умеренным климатом в диапазоне температур окружающего воздуха от плюс 40 до минус 20 °С. Основные технические данные погрузчика Амкодор 211 приведены в табл. 3.1.

Погрузчик (рис. 3.1) состоит из следующих основных сборочных единиц: рамы 1, силовой установки 2 с гидронасосами, ходовой части 3 с приводом, электросистемы 4, гидросистемы 5, рабочего оборудования 6, кабины 7 с рабочим местом оператора, системы отопления и вентиляции кабины 8, облицовки 9.

Рама является базовым элементом, на котором монтируются все агрегаты и системы машины. Кроме того в ее задней вертикальной части образованы полости для размещения рабочей жидкости гидросистемы (в нижней половине левого полупортала) и топлива дизеля (в нижней половине правого полупортала).

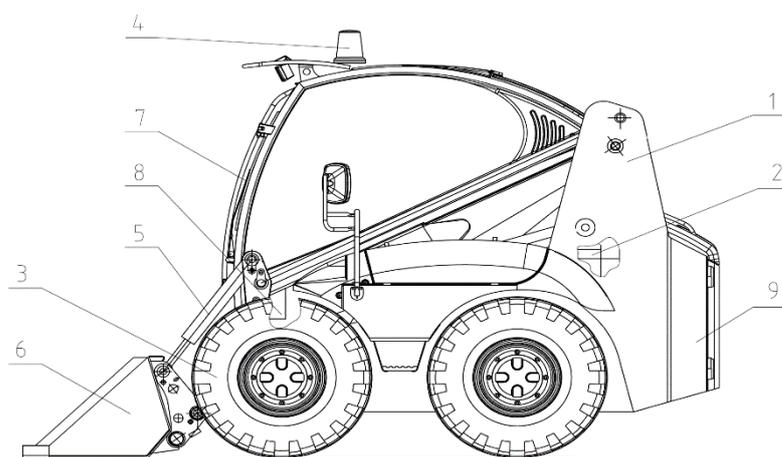


Рис. 3.1. Погрузчик амкодор 211:

- 1 – рама; 2 – силовая установка; 3 – ходовая часть; 4 – электросистема;  
 5 – гидросистема; 6 – рабочее оборудование; 7 – кабина;  
 8 – система отопления и вентиляции; 9 – облицовка

В задней части рамы на резиновых амортизаторах установлена силовая установка 2 с насосной станцией гидросистемы. Кабина 7 с рабочим местом оператора установлена также на резиновых амортизаторах с возможностью ее опрокидывания вперед для обеспечения доступа к агрегатам гидросистемы привода хода при обслуживании и ремонте. В кабине расположены сиденье оператора, органы управления, пульт с контрольно-измерительными приборами, бачок омывателя стекол (слева от сиденья), отсек с крышкой (за сиденьем) для размещения аптечки, огнетушителя, руководства по эксплуатации погрузчика, личных вещей и крючок для одежды (на правой стенке сзади). Ходовая часть с приводом смонтирована с обеих сторон рамы. Аккумуляторные батареи (АКБ) расположены в передних ящиках крыльев облицовки.

Управление ходом и рабочим оборудованием – гидравлическое и осуществляется посредством двух ручных блоков управления, смонтированных в кабине на пультах по обе стороны сиденья оператора и блока управления активным рабочим органом.

Таблица 3.1

Основные технические данные машины АМКОДОР 211  
 (при оснащении основным ковшом)

Наименование параметра	Значение
Грузоподъемность, т	1,2
Вместимость номинальная основного ковша, м <sup>3</sup>	0.59
Высота разгрузки при угле разгрузки 45° и максимальном подъеме, мм	2400

Вылет режущей кромки ковша при угле разгрузки 45° и максимальной высоте разгрузки, мм	400
<b>Габаритные размеры и весовые характеристики</b>	
Длина в транспортном положении, мм	3520
Ширина режущей кромки ковша, мм	2100
Высота по кабине, мм	2275
Колея, мм	1510
База, мм	1190
Минимальный радиус поворота по наружной кромке ковша в транспортном положении, мм	2500
Масса эксплуатационная, кг	3800
<b>Дизель</b>	
Модель	Д-243
Мощность эксплуатационная, кВт ( л.с.)	57.4 / (78.1) при 2200 об/мин
<b>Трансмиссия</b>	
Тип	Гидрообъемная, закрытая, с независимым приводом бортов ходовой части
Количество насосов трансмиссии	2
Количество гидромоторов	2
Передаточное число	41,6
Скорость передвижения, км/ч	0 – 12
<b>Ходовая часть</b>	
Шины:	12.4L-16
Давление в шинах, передние/задние, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,29(2,9)
<b>Электросистема</b>	
Напряжение номинальное, В	24
Тип электрооборудования	Однопроводная электросистема, минусовые клеммы соединены с корпусом («массой») машины

Рабочее оборудование состоит из стрелы 1 (рис. 3.2), двух тяг 2, двух рычагов 3, сцепки 4 с гидроцилиндром 5 и сменных рабочих органов (различные ковши, бульдозерный отвал, щетка и т.д.), устанавливаемых на сцепку посредством быстросменного устройства. Наличие в рабочем оборудовании тяг 2 и рычагов 3 обеспечивает параллельное перемещение рабочего органа при подъеме (опускании) стрелы. Быстрая замена одного

рабочего органа другим с рабочего места оператора обеспечивается быстросменным устройством на сцепке 4. Маневрируя стрелой и сцепкой, оператор посредством пальцев, расположенных на сцепке, захватывает рабочий орган за крюки, приваренные на нем, и гидроцилиндрами 7 поворота ковша запрокидывает на себя сцепку вместе с присоединенным рабочим органом до совмещения отверстий под замочные пальцы на сцепке и рабочем органе, после чего гидроцилиндром 5 задвигает замочные пальцы 6 в совмещенные отверстия с обеих сторон. Для обслуживания машины с поднятой стрелой необходимо установить на шток стрелового цилиндра 9 упор 10, который закреплен изнутри на заднем капоте.

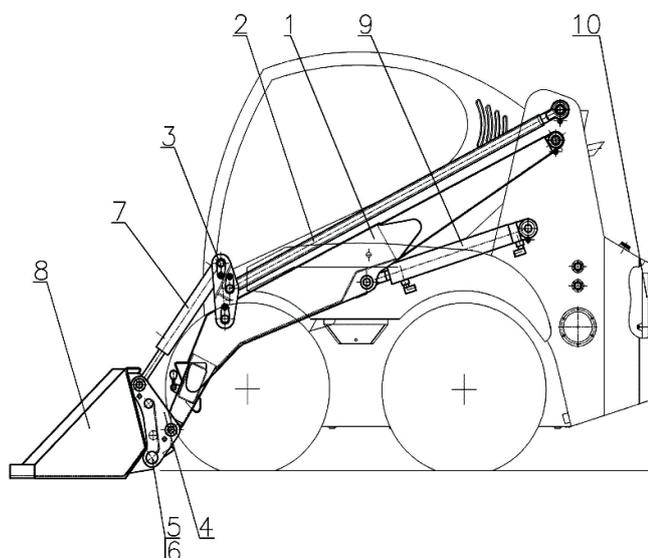


Рис. 3.2. Рабочее оборудование погрузчика

Погрузчик «Амкодор 211» имеет большой набор сменного рабочего оборудования (рис. 3.3) как с пассивными рабочими органами так и активными.

Установка пассивных рабочих органов, для которых не нужна дополнительная гидравлическая функция, производится без выхода водителя-оператора из кабины в следующей последовательности:

- наклонить сцепку вперед, при этом пальцы двухстороннего гидроцилиндра должны быть втянуты;
- подъехать к рабочему органу и ввести в зацепление оси сцепки с крюками рабочего органа;
- приподнять рабочий орган;
- запрокинуть сцепку “на себя” до упора рабочего органа в сцепку в зоне отверстий под замочные пальцы;
- зафиксировать рабочий орган, выдвинув замочные пальцы двухстороннего гидроцилиндра.

Снятие пассивных органов производится в обратном порядке.

Установка на погрузчик активных рабочих органов, для которых нужна дополнительная гидравлическая функция, осуществляется в такой же последовательности, как и установка пассивных рабочих органов.

Дополнительно необходимо:

- заглушить дизель, выполнить 2-3 перемещения рукояткой блока управления рабочими органами для снятия остаточного давления в трубопроводах, идущих к сменным рабочим органам;
- выйти из кабины и отсоединить разрывные муфты рукавов сцепки и трубопроводов погрузчика, расположенных по поперечной балке стрелы;
- соединить посредством разрывных муфт рукава рабочего органа и трубопроводы машины по поперечной балке стрелы.

Для исключения попадания на муфту и штекер посторонних частиц при эксплуатации машины с рабочими органами, не требующими их подключения к гидросистеме машины, муфта и штекер на стреле погрузчика должны быть заглушены защитными пробкой и колпаком.

При эксплуатации и хранении машины с рабочим органом, подключенным через муфту и штекер к гидросистеме машины, необходимо соединить между собой защитные колпаки и пробки для исключения попадания посторонних частиц на их поверхности, а в дальнейшем и в гидросистему машины.

Снятие активных органов производится в обратном порядке.



Рис. 3.3. Сменное рабочее оборудование погрузчика «Амкодор 211»

Эксплуатационная производительность погрузчика, оборудованного как одноковшовый экскаватор определяется по формуле, м<sup>3</sup>/ч,

$$P_3 = \frac{3600 \cdot V \cdot k_n \cdot k_6}{t_u \cdot k_p},$$

где  $V$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$k_n$  – коэффициент наполнения ковша;

$k_p$  – коэффициент разрыхления грунта;

$k_g$  – коэффициент использования экскаватора по времени, ( $k_g = 0,85$ ).

Продолжительность цикла, с,

$$t_{ц} = t_{к} + t_{нк} + t_{н} + t_{м} + t_{р} + t_{о},$$

где  $t_{к}$  – продолжительность копания, с;

$t_{нк}$  – время поворота ковша, с;

$t_{н}$  – время подъема стрелы, с;

$t_{м}$  – время маневрирования, с;

$t_{р}$  – время разгрузки, с;

$t_{о}$  – время опускания стрелы, с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Изучение погрузочно-разгрузочного механизма с набором съемных кузовов

Задание к лабораторной работе

1. Изучить назначение, техническую характеристику и общее устройство погрузочно-разгрузочного механизма системы «мультилифт».
2. Вычертить схему работы механизма.
3. Рассчитать нагрузки в погрузочно-разгрузочном механизме в соответствии с вариантом задания (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Показатели	Вариант			
	1	2	3	4
Модель мультилифта	МПР-1	МПР-2	МПР-3	МПР-4
Грузоподъемность, кг	14000	18000	20000	5000
Время установки груженой платформы, с	200	200	200	200
Время подъема/опускания, с	200/200	200/200	200/200	200/200
Максимальный угол подъема платформы, град	48	48	48	48
Габаритные размеры, мм	5050×1264×2120	5620×1264×2180	6250×1500×2200	4100×1190×1226

Погрузочно-разгрузочный механизм системы «мультилифт» – крюковая система, представляющая собой механизм с гидравлическим приводом и крюковым захватным устройством. Система устанавливается на автомобильное шасси (Урал, КамАЗ, МАЗ) и применяется для перевозки различных грузов. Данная система значительно упрощает и ускоряет работу, сокращая время загрузки и разгрузки, и является универсальной: на одном автомобиле могут перевозиться кузова различного назначения (контейнер, цистерна, бортовая платформа, платформа, бытовка и т.д.).

Применение разнообразных конструкций сменных кузовов позволяет использовать мультилифт в различных отраслях строительного комплекса.



Рис. 4.1. Мультилифт с тросовым захватом:

1 – надрамник, 2 – подрамник, 3 – базовое шасси, 4 – гидроцилиндры подъема/опускания надрамника, 5 – лебедка, 6 – направляющие ролики

По типу конструкции грузоподъемного захвата мультилифты делятся на тросовые и с крюковым захватом. Конструкция тросового мультилифта (рис. 4.1) представляет собой подъемную наклоняющуюся раму 1 (надрамник), шарнирно закрепленную на подрамнике 2, и все это смонтировано на раме базового шасси 3. Наклон кузова в самосвальное положение (53 град.) производится двумя гидроцилиндрами 4, они же используются для подъема надрамника 1 (30-45 град.) при смене кузова. В передней части надрамника размещается лебедка 5 с гидроприводом и двумя барабанами. При погрузке кузова надрамник 1 поднимается гидроцилиндрами 4, два троса зацепляются за специальные проушины сменного модуля, включается лебедка 5, и за полторы минуты кузов по специальным роликам 6 втаскивается на надрамник 1. После этого надрамник 1 опускается и фиксируется рычагом в транспортное положение.

Мультилифт с крюковым захватом (рис. 4.2) имеет подъемную раму. Она выполнена в форме Г-образной подъемной балки 2 с крюковым захватом. На

конце короткой стороны Г-образной подвижной балки смонтирован крюк 1, который захватывает кузов за специальное дышло 3. Г-образная балка выполняет полукруговое движение относительно конца длинной стороны, шарнирно закрепленного с подрамником 4. Уникальная кинематика механизма позволяет поднимать и загружать на автомобиль кузов 5. После загрузки кузов фиксируется двумя фиксаторами в задней части установки, имеющими гидравлический привод 6. В транспортном положении крюк также используется в качестве дополнительного фиксатора.



Рис. 4.2. Мультилифт с крюковым захватом:  
 1 – крюк, 2 – Г-образная балка, 3 – дышло, 4 – подрамник,  
 5 – контейнер, 6 – гидроцилиндр

Погрузка контейнера при помощи системы «мультилифт» осуществляется в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 4.3.

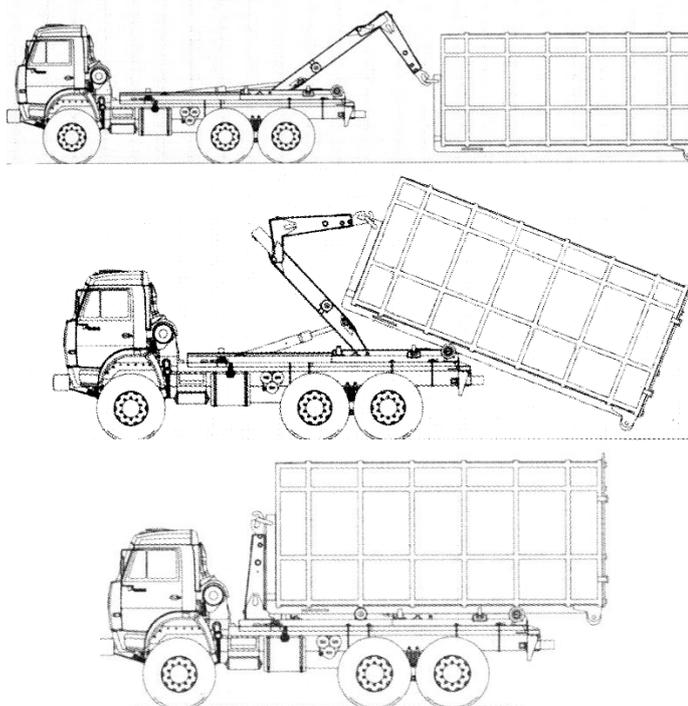


Рис. 4.3. Схема погрузки контейнера на полуприцеп при помощи системы мультилифт

*Методические указания к определению нагрузок  
в системе «мультилифт»*

Погрузка контейнера на раму автомобиля производится мультилифтом путем поднятия его края кузова с продольной стороны и затягивания на шасси. В полевых условиях опорные катки контейнера взаимодействуют с поверхностью площадки (грунтом) и качение их происходит с образованием колеи, что вызывает повышенные нагрузки на крюке мультилифта и на катках, а также создает неровности на поверхности площадки.

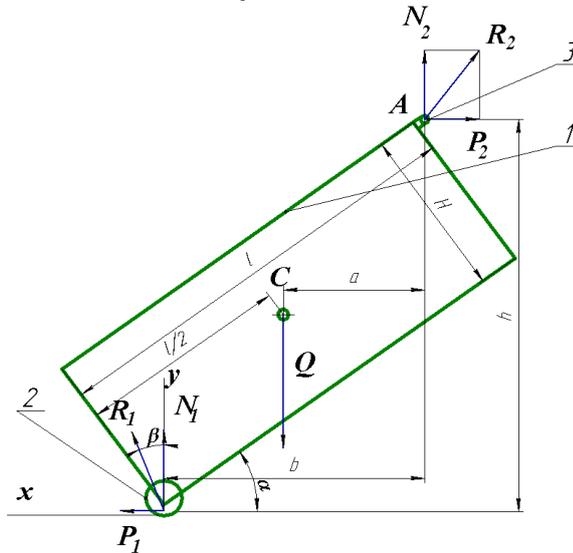


Рис. 4.4. Расчетная схема погрузки сменного контейнера мультилифтом  
1 – контейнер, 2 – опорный каток, 3 – крюк

Наибольшие нагрузки имеют место при погрузке на полуприцеп загруженного материалом сменного контейнера с грунтовой поверхности поля.

Пользуясь рисунком 4.4, получены зависимости для определения этих нагрузок. На контейнер, при его погрузке, действуют силы:  $Q$  – сила веса контейнера с грузом, приложенная в центре масс  $C$ ;  $N_1$  – нормальная реакция поверхности на опорную часть контейнера;  $N_2$  – нормальная реакция крюка мультилифта на петлю контейнера;  $P_1$  – горизонтальная сила сопротивления качению опорных катков;  $P_2$  – горизонтальная сила на крюке в точке  $A$ . Сила  $N_1$  определяет параметры опорных катков, а сила  $N_2$  необходима для расчета мультилифта. Для определения этих сил использованы уравнения моментов сил относительно точки  $A$  и их проекции на горизонталь (ось  $X$ ) и вертикаль (ось  $Y$ ), с помощью которых получено выражение:

$$N_1 = 0,5 \cdot Q \cdot \frac{l - H \cdot \operatorname{tg} \alpha}{l - H \cdot \operatorname{tg} \alpha + f (\operatorname{tg} \alpha + H)}$$

где  $Q$  – грузоподъемность контейнера, кг;  
 $l$  – длина контейнера, м;

$H$  – высота кузова, м;  
 $\alpha$  – угол наклона контейнера, град;  
 $f$  – коэффициент сопротивления качению катка, (для полевых условий  $f = 0,2 \dots 0,3$ ).

$$P_1 = N_1 f$$

Равнодействующая сила  $R_1$  сопротивления катков равна:

$$R_1 = \sqrt{N_1^2 + P_1^2}$$

Сила  $R_1$  при перекачивании катков направлена под углом  $\beta$  (рис. 8.4), который определяется из выражения:

$$\frac{P_1}{N_1} = \operatorname{tg} \beta$$

Усилия на крюке мультилифта определяются аналогичным образом (сделать самостоятельно).

Расчет мультилифта следует производить при больших значениях угла наклона контейнера, а опорных катков – при малых углах  $\alpha$ , так как усилие на крюке мультилифта больше, чем усилие на опорных катках, причем разница этих усилий увеличивается с увеличением угла наклона кузова  $\alpha$ .

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### Изучение устройства и рабочего процесса башенного крана серии КБ

Задание к лабораторной работе

1. Изучить устройство башенного крана серии КБ и принцип работы его механизмов.
2. Вычертить схему запасовки канатов и механизм вращения крана.
3. Изучить рабочий процесс крана и методику определения производительности.
4. Определить производительность крана.

#### *Назначение башенных кранов*

Башенные краны широко применяются в жилищном, коммунальном, промышленном и других видах строительства для выполнения монтажных работ, подачи строительных материалов и изделий на сооружаемые объекты.

Исходные данные к заданию

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя масса поднимаемого элемента $Q$ , т	1	1,5	4	5	6	1,8	3	1,4	7	8
Высота подъема $H$ , м	20	30	40	25	35	40	22	32	35	38
Длина пути передвижения грузовой тележки $S_t$ , м	10	14	12	10	8	12	14	20	10	8
Длина пути передвижения крана по рельсам $S_k$ , м	15	10	8	12	15	20	14	10	20	18
Угол поворота платформы $\alpha$ , град	100	90	120	150	180	90	120	135	180	160
Время наводки и установки $t_y$ , мин	0,7	1,0	2,0	1,5	1,2	1,6	2,0	0,9	1,3	1,5
Время зацепки и отцепки монтируемого элемента $t_z$ , мин	3	5	6	2,5	3,5	5,5	4	7	4,5	5

Кран серии КБ (рис. 5.1) выполнен на рельсовом ходу и состоит из ходовой рамы 1 с флюгерами 2 и ходовыми тележками 3, поворотной платформы 4 с размещенными на ней грузовой 5 и стреловой 6 лебедками, механизмом поворота 7, противовесом 8, башни с распоркой 9 и навесной кабиной 10, балочной стрелы 11 с грузовой тележкой 12 и механизмом 13 ее передвижения.

Ходовая рама 1 крана представляет собой сварное кольцо коробчатого сечения, которое проушинами шарнирно соединено с четырьмя диагонально расположенная флюгерами 2. Флюгеры через цапфы опираются на ходовые тележки, две из которых ведущие. Шарнирное соединение флюгеров с ходовой рамой и тележками, которые выполнены балансирными, облегчает прохождение крана по закруглениям рельсового пути.

Для предотвращения угона крана в нерабочем состоянии ветром тележки снабжены противоугонными захватами. Поворотная платформа 4 опирается на ходовую раму 1 с возможностью вращения в горизонтальной плоскости. Это соединение осуществлено с помощью роликового опорно-поворотного устройства 14, выполняющего роль подшипника для вращения поворотной платформы.

Составная, телескопическая башня решетчатой сварной конструкции, выполненная из труб, установлена на поворотной платформе шарнирно и удерживается в вертикальном положении посредством подкосов 15. Башня состоит из портала 16, секций 17, оголовка 18, распорки 9 и механизма выдвижения. Удлинение башни осуществляется снизу на необходимую высоту по мере возведения строящегося объекта.

В верхней части башни крепится кабина 10 и стрела 11, выполненная сварной из труб. Стрела имеет направляющие для перемещения грузовой тележки в виде продольных уголков.

Стрела состоит из четырех секций и может иметь длину 20, 25, 30 м.

Для увеличения высоты подъема груза стрела длиной 20 и 25 м может устанавливаться под углом  $30^\circ$  и  $50^\circ$ . Грузовая тележка 12 опирается на направляющие стрелы четырьмя парами роликов 19, которые для равномерного распределения нагрузок соединены с рамой тележки балансирными 20. Для устранения перекосов при движении тележка снабжена четырьмя боковыми роликами 21.

Привод крана выполнен много моторным индивидуальным с питанием электродвигателей от сети трехфазного переменного тока и содержит пять механизмов: грузовой, стреловой, передвижения тележки (тележечный), поворота платформы и передвижения крана по рельсам.

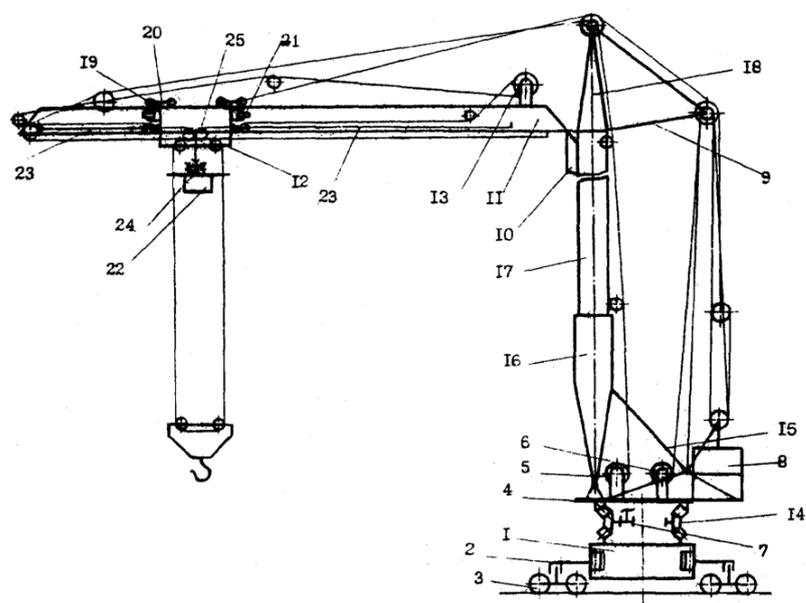


Рис. 5.1. Общий вид башенного крана серии КБ

Каждый механизм снабжен отдельным реверсивным двигателем. На кране установлены три электрические реверсивные лебедки: грузовая, стреловая и тележечная.

Грузовой механизм крана состоит (рис. 5.2) из лебедки 1, каната 2, закрепленного на барабане лебедки и огибающего неподвижный блок 3 на оголовке башни, неподвижные блоки 4 и 5 на головной части стрелы, неподвижные блоки 6 и 7 на раме 8 грузовой тележки, подвижные блоки 9 и 10 крюковой подвески 11, содержащей крюк 12. Грузовой канат образует двухкратный грузовой полиспаст 13. Второй конец грузового каната прикреплен к стреле через ограничитель грузоподъемности 14, который автоматически отключает грузовую лебедку при превышении установленной грузоподъемности.

Грузовая лебедка выполнена двухдвигательной. Электродвигатели соединены последовательно с ведущим валом редуктора и включаются автоматически в зависимости от массы поднимаемого груза. Для подъема груза массой до 2 т со скоростью 58 м/мин включается один из двигателей. Для подъема груза массой более 2 т со скоростью 40 м/мин включается другой двигатель, имеющий меньшую частоту вращения.

Стреловой механизм крана (рис. 5.2) состоит из лебедки 15, каната 16, закрепленного на барабане лебедки, и огибающего неподвижный блок 17 на распорке башни, три блока 18 неподвижной обоймы 22 и два блока 20 подвижной обоймы 24 стрелового полиспаста 19. Второй конец стрелового каната 16 закреплен на поворотной платформе. Неподвижная обойма 22 стрелового полиспаста крепится к поворотной платформе через две оттяжки 23. Подвижная обойма 24 стрелового полиспаста 19 соединена со стрелой посредством стрелового расчала 25, состоящего из двух канатов, которые огибают блоки 26 и 27 на распорке башни и блоки 28 и 29 на оголовке башни. Стреловой полиспаст четырехкратный.

Стреловая унифицированная лебедка крана имеет обычную типовую конструкцию.

Замкнутый канатный привод передвижения грузовой тележки 8 состоит из лебедки 30 (рис. 5.2), установленной на стреле, тележечных канатов 31 и двух барабанов 32, снабженных храповыми остановами для натяжения тележечных канатов. Тележечные канаты левыми концами закреплены на барабане 32 с противоположных сторон тележки, а правыми концами – с противоположных сторон барабана 30. При вращении барабана по часовой стрелке тележка перемещается вправо и вылет груза уменьшается. При вращении барабана против часовой стрелки тележка перемещается влево и вылет груза увеличивается.

Кран снабжен ограничителем высоты подъема груза (рис.5.1). Упор 22 ограничителя подвешен к стреле посредством каната 23, огибающего два блока 24 на упоре и два блока 25 на тележке.

Левый конец каната 23 прикреплен к передней части стрелы, а правый – к рычагу конечного выключателя, расположенного на задней части стрелы. Натяжением каната 23 под действием веса упора 22 конечный выключатель замыкает цепь питания электродвигателя грузовой лебедки. При подъеме груза на максимальную высоту крюковая подвеска приподнимает упор 22. При этом канат 23 перестает воздействовать на конечный выключатель, который обесточивает двигатель. Подъем груза автоматически прекращается.

Устройство для вращения поворотной платформы крана (рис. 5.3) состоит из механизма поворота и опорно-поворотного устройства. Механизм поворота осуществляет принудительное вращение поворотной платформы, а опорно-поворотное устройство является для нее подвижной опорой (подшипником).

На кранах серии КБ установлен унифицированный механизм поворота. Механизм состоит из установленных в одном блоке электродвигателя 1, колодочного тормоза 2, трехступенчатого цилиндрического редуктора 3 и

шестерни 4, закрепленной на ведомом валу редуктора. Шестерня 4 закреплена с внутренними зубьями зубчатого венца 5, который выполнен за одно целое с внутренней обоймой 9 опорно-поворотного устройства. Корпус редуктора 3 прикреплен к поворотной платформе. Электродвигатель 1 имеет фланцевое крепление к редуктору.

Поворотная платформа 6 установлена на ходовой раме 7 посредством роликового двухрядного опорно-поворотного устройства. Оно, как и обычный подшипник качения, состоит из двух обойм (колец): наружной 8, внутренней 9 и двух рядов тел качения (роликов) 10 между обоймами. Причем наружная обойма 8 соединена с поворотной платформой 6, а внутренняя обойма 9 вместе с зубчатым венцом 5 соединена с ходовой рамой 7. При вращении поворотной платформы ходовая рама, обойма 9 и венец 5 остаются неподвижными, а относительно их совершает горизонтальное вращение поворотная платформа вместе с наружной обоймой 8, перекатывающейся на роликах по внутренней неподвижной обойме 9.

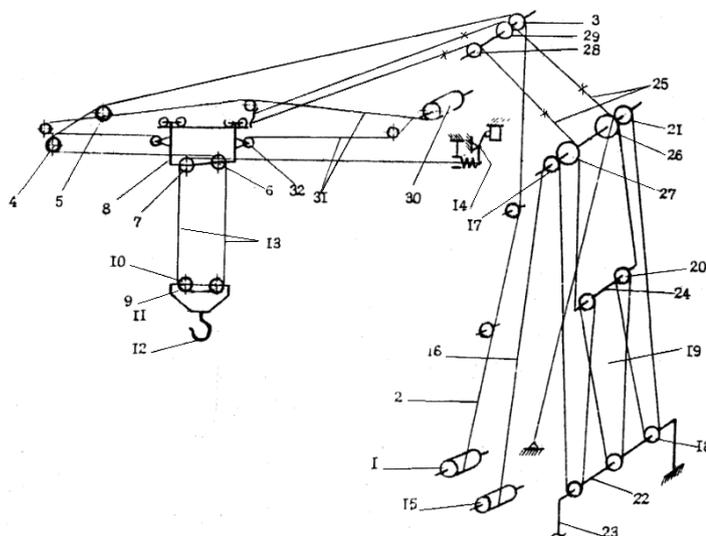


Рис. 5.2. Схема запасовки канатов

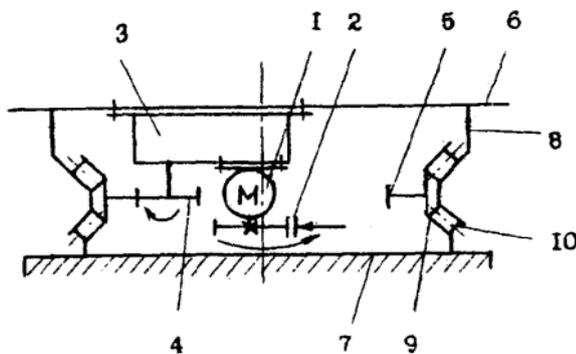


Рис. 5.3. Схема механизма вращения поворотной платформы

При включенном электродвигателе 1 через редуктор 3 приводится во вращение шестерня 4, которая обкатываясь по зубьям венца 5, совершает планетарное движение и увлекает во вращение сам механизм поворота, а вместе с ним и поворотную платформу 6.

Рабочий процесс башенных кранов осуществляется циклично. Основными операциями рабочего цикла являются: зацепка груза; подъем груза; перемещение груза в горизонтальной плоскости посредством передвижения грузовой тележки по стреле, крана по рельсам и поворота поворотной платформы; наводка груза и установка его в проектное положение; отцепка груза; опускание крюка; перемещение крана в горизонтальной плоскости к месту очередной зацепки.

Для сокращения времени цикла и повышения производительности крана широко используется совмещение операций: подъема или опускания крюка с поворотом, поворота с перемещением крюка в горизонтальном направлении и др.

Суммарное время рабочего цикла крана может быть подсчитано по формуле

$$T_{ц} = t_{м} + t_{р}$$

где  $t_{м}$  – машинное время;

$t_{р}$  – время ручных операций.

$$t_{м} = \left( \frac{H}{V_1} + \frac{H}{V_2} + \frac{2S_{т}}{V_{т}} + \frac{2S_{к}}{V_{к}} + \frac{2d}{360n_{п}} \right) \cdot A, \text{ мин,}$$

где  $H$  – высота подъема груза, м ;

$S_{т}$  – путь передвижения грузовой тележки по стреле, м;

$S_{к}$  – путь передвижения крана по рельсам, м;

$\alpha$  – угол поворота, град;

$V_1$  – скорость подъема, м/мин (58 и 40 м/мин при массе груза до 2 и свыше 2 т);

$V_2$  – скорость опускания крюка, м/мин (65 м/мин);

$V_{т}$  – скорость передвижения грузовой тележки, м/мин (23 м/мин);

$V_{к}$  – скорость передвижения крана, м/мин (18 м/мин);

$n_{п}$  – частота вращения поворотной платформы, об/мин (0,6 об/мин);

$A$  – коэффициент учитывающий совмещение операций, который принимается в зависимости от угла поворота:

$\alpha$ , град	90	100	120	135	150	160	180
$A$	0,90	0,88	0,83	0,80	0,77	0,74	0,70

## Время ручных операций

$$t_p = t_3 + t_y$$

где  $t_3$  – время зацепки и отцепки груза;

$t_y$  – время наводки и установки монтируемого элемента с частичным использованием механизмов крана.

Сменная эксплуатационная производительность крана определится по формуле

$$П_{см} = \frac{60 \cdot t_{см} \cdot Q \cdot K_B}{T_{ц}}$$

где  $t_{см} = 8,2$  ч – средняя продолжительность смены при пятидневной рабочей неделе;

$Q$  – средняя масса поднимаемого элемента, т;

$K_B$  – коэффициент использования крана по времени работы.

При монтажных работах  $K_B = 0,7 \dots 0,9$ .

$$Q = Q_{max} \cdot K_r$$

где  $Q_{max}$  – грузоподъемность крана;

$K_r$  – коэффициент использования крана по грузоподъемности.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### Изучение устройства быстромонтируемого башенного крана

#### Задание к лабораторной работе

1. Изучить общее устройство крана.
2. Изучить схему монтажа крана.
3. Изучить схему запасовки грузового каната.
4. Изучить схему запасовки тягового каната.
5. Изучить схему запасовки монтажного каната.
6. Вычертить схему общего вида башенного крана.
7. Вычертить схему запасовки каната (по заданию преподавателя).

#### *Описание устройства башенного крана*

Быстромонтируемым башенным краном называют краны с оперативным временем монтажа не более 30 мин. Конструкция таких кранов обеспечивает установку крана в рабочее состояние и перевод крана в транспортное

положение с помощью собственных механизмов без разборки его на отдельные узлы и сборочные единицы. Они могут устанавливаться стационарно на фундаменте или специальной крестовине с пригрузами бетонными блоками, выполняться на самоходном шасси, прицепными, на рельсовом ходу.

Монтаж и демонтаж крана заключается в раскладывании башни и стрелы и перевод башни в вертикальное положение – перед началом работ и складывании стрелы и телескопировании башни с переводом в транспортное положение – после окончания работы на строительном объекте.

На рисунке 6.1 приведен общий вид быстромонтируемого башенного крана. Кран может устанавливаться на бетонных блоках стационарно или на рельсовый путь.

Кран состоит из несущей рамы 1 и балок 2, образующих опорную крестовину, опорно-поворотного устройства 3, поворотной платформы 4, на которой смонтированы башня 5 с кабиной управления 6 и стрелой 7, противовеса 8, лебедок механизмов и механизма поворота.

Балки 2 – выдвижные, при монтаже крана они выдвигаются из направляющих несущей рамы, при демонтаже – вдвигаются. На конце балок крепятся опорные башмаки – при стационарном варианте, или ходовые тележки – при установке крана на рельсовый путь.

Башня крана состоит из корневой секции 5а, шарнирно прикрепленной к кронштейну поворотной платформы, и выдвижной секции 5б, телескопируемой канатным полиспастом.

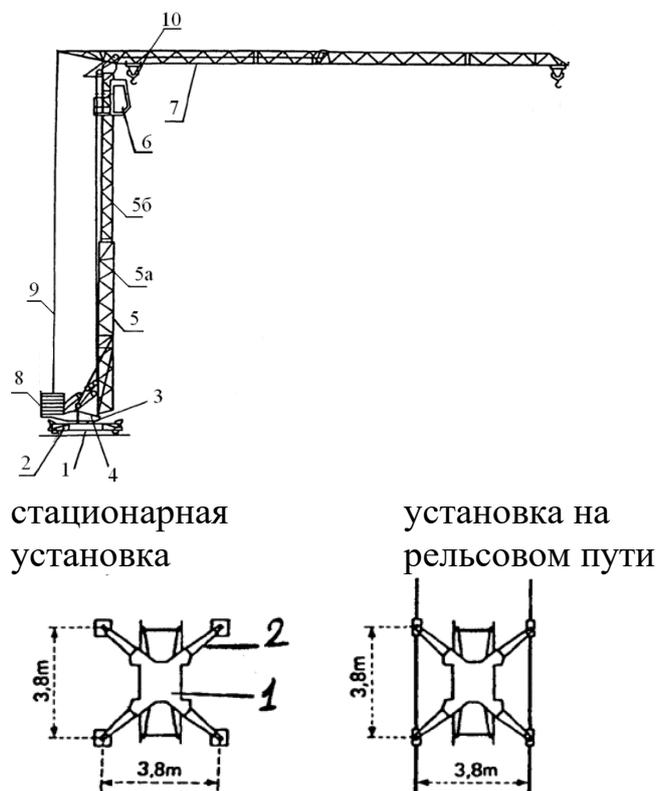


Рис. 6.1. Общий вид крана башенного

Стрела шарнирно прикреплена к башне. Она состоит из двух шарнирно соединенных между собой секций. В горизонтальном положении стрела удерживается посредством тяги 9. Стрела треугольного сечения, нижние пояса фермы одновременно являются ездовыми балками, по которым перемещается грузовая каретка 10. В смонтированном положении стрела устанавливается горизонтально. При необходимости увеличения высоты подъема груза она может устанавливаться и под углом.

Устойчивость крана обеспечивается плитами противовеса 8.

Кабина закреплена в верхней части выдвижной секции башни. Оператор управляет краном с переносного радиопульта, находясь в кабине, или вне ее.

Показанный на рисунке 6.1 быстромонтируемый кран предназначен для малоэтажного строительства. Основные эксплуатационные показатели крана: грузоподъемность –  $3,0 \div 1,0$  т, максимальная высота подъема: при горизонтальной стреле – 20 м, при поднятой стреле – 33,8 м; вылет максимальный – 30 м.

Кран имеет следующие механизмы: механизм подъема груза, механизм передвижения грузовой тележки, механизм поворота.

Особенностью конструкции быстромонтируемых кранов является то, что грузовой барабан и монтажный барабан установлены соосно и приводятся во вращение от одного механизма. Специальное устройство позволяет возможность раздельного вращения барабанов.

Схема запасовки грузового каната показана на рисунке 6.2. Канат закреплен на грузовом барабане 1 и обходя поочередно блоки 3, 4, 5, 6 и 7 закрепляется на стреле.

Грузовая тележка крана передвигается с помощью канатной тяги. Тяговая лебедка 1 (рис. 6.3) установлена вверху в выдвижной секции башни. На барабане лебедки закреплены концы двух канатов – короткий 2 и длинный 8. Короткий канат, обойдя блок 3, закрепляется на каретке 4. Длинный канат 8 после закрепления на барабане поочередно огибает блоки 7, 9, 6 и 5 закрепляется со второй стороны каретки.

Блок 10 и барабан 11 посредством блока 9 осуществляют натяжение длинного каната тяговой лебедки при изменении высоты башни.

Установка башни в вертикальное положение и выдвижение башни осуществляется одним канатом, закрепленным на монтажном барабане (рис. 6.4).

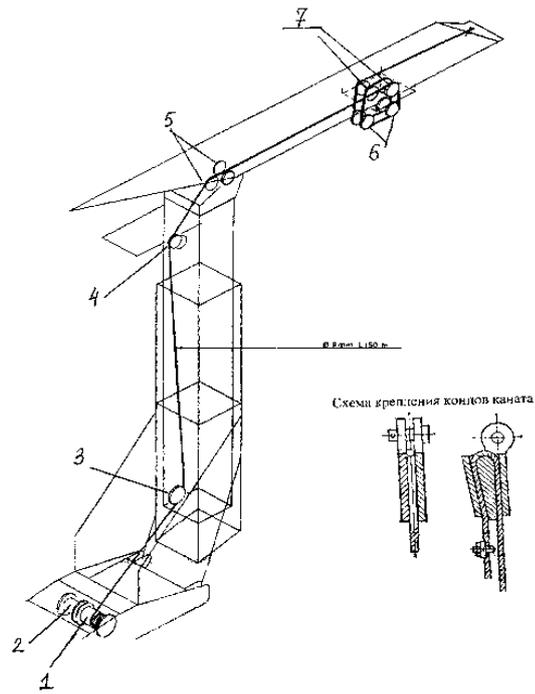


Рис. 6.2. Схема запасовки каната грузового:  
 1 – грузовой барабан; 2 – монтажный барабан; 3,4,5 – обводные блоки; 6 – блоки подвижной обоймы полиспаста; 7 – блоки неподвижной обоймы полиспаста

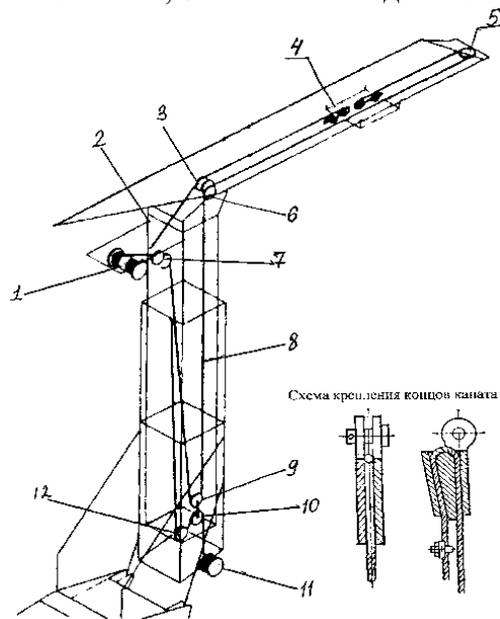


Рис. 6.3. Схема запасовки каната передвижения грузовой тележки

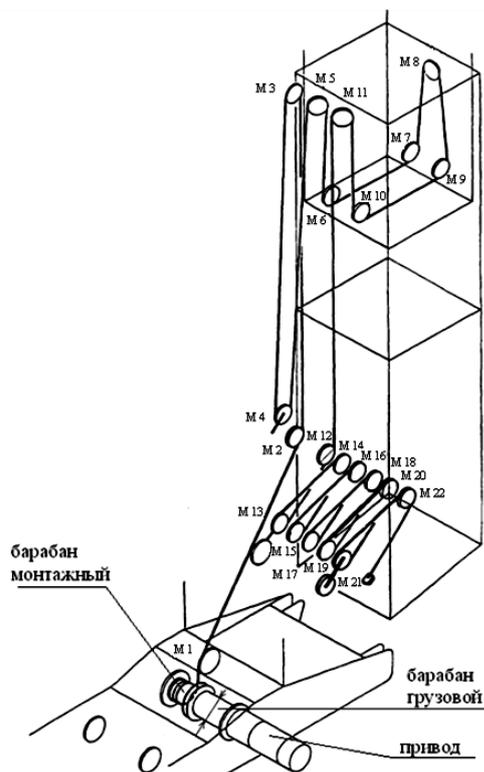


Рис. 6.4. Схема запасовки каната телескопирования башни и установки башни

М 3, М 5, М 11 и М 8 полиспада телескопирования закреплены в верхней части корневой секции башни, а блоки М 6, М 7, М 9 и М 10 – в нижней части выдвижной секции башни. Блоки М 12 - М 22 образуют полиспаст подъема башни.

Схема запасовки каната оттяжки и удержания стрелы показана на рисунке 6.5.

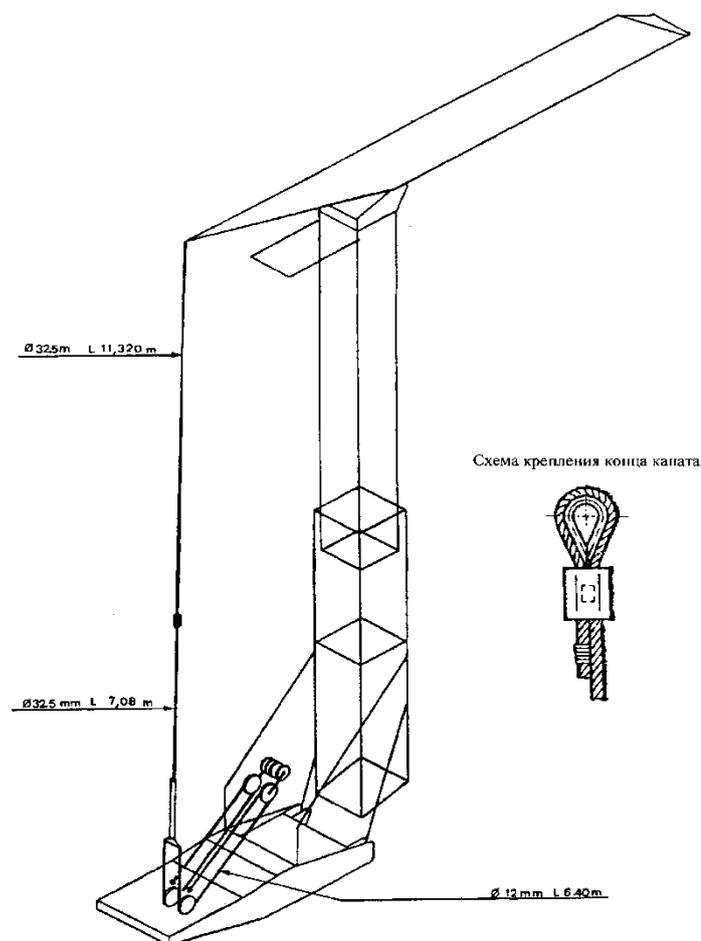


Рис. 6.5. Схема запасовки каната оттяжки и удержания стрелы

При монтаже крана и переводе его из транспортного положения в рабочее кран подключается к электропитанию, барабан грузового каната фиксируется с помощью специального приспособления и включается вращение монтажного барабана. При этом канатно-блочной системой осуществляется одновременные подъем башни, и телескопирование ее секций и подъем стрелы. По мере выдвижения башни увеличивается длина тяги 9 (рис. 6.1), удерживающий стрелу в горизонтальном положении.

После установки башни в вертикальное положение, и полного выдвижения ее фиксатором стопорится монтажный барабан, а грузовой барабан разблокируется.

Перевод крана из транспортного положения в рабочее заканчивается.

При демонтаже крана все операции осуществляются в обратной последовательности. Опускание верхней секции башни и перевод ее в горизонтальное положение происходит под действием силы тяжести башни и стрелы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### Изучение устройства комплекта машин и оборудования для производства бетона и его доставки на объект строительства

#### Задание к лабораторной работе

1. Изучить устройство и рабочий процесс бетоносмесителей.
2. Изучить назначение и устройство автобетононасоса.
3. Вычертить схему оборудования для производства и транспортировки бетона в соответствии с заданием.
4. Определить техническую производительность бетоносмесителя циклического действия в соответствии с заданием.
5. Изучить методику расчета эксплуатационных показателей бетононасоса.

Таблица 7.1

#### Техническая характеристика циклических гравитационных бетоносмесителей

Показатели	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
	рис. 8.1	рис. 8.2	рис. 8.3	рис. 8.4	рис. 8.5	рис. 8.6	рис. 8.7
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
Продолжительность перемешивания, с	40	50	60	60	80	120	120

Циклические гравитационные бетоносмесители (табл. 7.1) 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.

Бетоносмесители СБ-28, СБ-101 с опрокидным грушевидным барабаном выполнены передвижными на колесном ходу и используются для приготовления бетонной смеси непосредственно на строительных площадках при небольших объемах бетонных работ.

Бетоносмесители с опрокидным барабаном СБ-30, СБ-94 выполняются по принципиальной схеме, приведенной на рис. 8.1.

Смесительный барабан 3 такого бетоносмесителя состоит из двух усеченных конусов и обечайки. Внутри к стенкам барабана 3 прикреплены лопасти. Барабан 3 крепится наглухо на выходном валу редуктора 4, установленного вместе с электродвигателем 5 на поворотной траверсе 2.

Траверса 2 опирается на подшипники рамы и может поворачиваться в них гидро- или пневмоцилиндром 1, шток которого шарнирно соединен с рычагом, наглухо закрепленном на траверсе 2. Бетоносмеситель СБ-30 является передвижным (на полозьях) и имеет скиповый подъемник для загрузки сухих составляющих в барабан, бетоносмеситель СБ-94 – стационарный, а составляющие бетонной смеси загружаются в барабан из грузоприемных ковшей дозаторов.

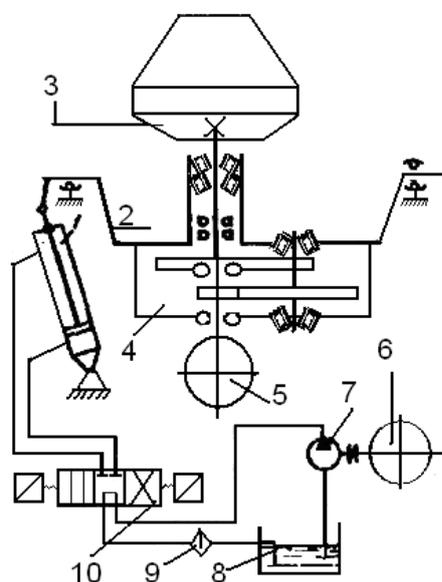


Рис. 7.1. Гравитационный бетоносмеситель с опрокидным барабаном:  
1 – гидроцилиндр; 2 – траверса; 3 – смесительный барабан; 4 – редуктор;  
5, 6 – двигатель; 7 – насос; 8 – бак; 9 – фильтр; 10 – распределитель

Бетоносмесители с двухконусным наклоняющимся барабаном СБ-10А, СБ-15 и СБ-103 выполняются стационарными. Конструктивная схема бетоносмесителей СБ-10А, СБ-15 и СБ-103 приведена на рисунке 7.2.

Рабочим органом бетоносмесителя СБ-103 является барабан, состоящий из двух усеченных конусов 2 и 7, соединенных большими основаниями с цилиндрической вставкой. На внешней стороне последней приварен бандаж 3 и зубчатый венец 4. На внутренней стороне барабана закреплены лопасти с уклоном к середине барабана. 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.

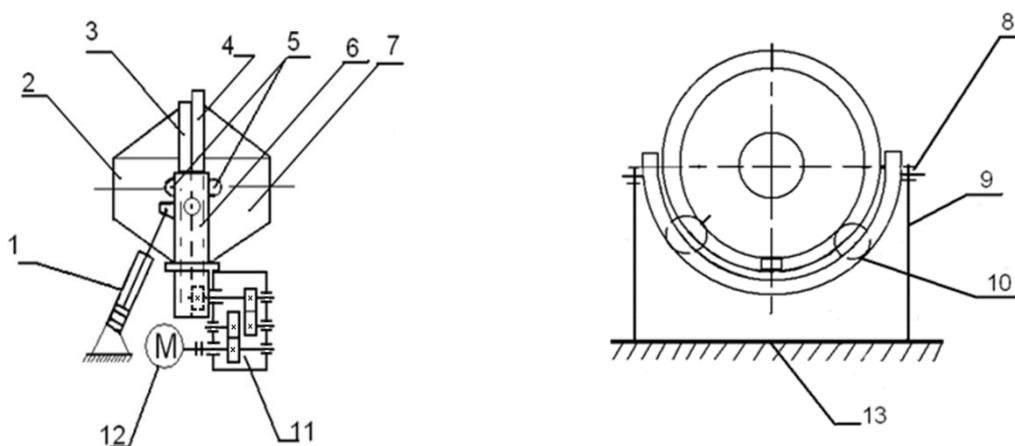


Рис. 7.2. Гравитационный бетоносмеситель с двухконусным наклоняющимся барабаном:

- 1 – гидро- или пневмоцилиндр; 2, 7 – усеченный конус; 3 – бандаж барабана; 4 – зубчатый венец; 5 – упорный ролик; 6 – траверса; 8 – цапфа; 9 – стойка; 10 – опорный ролик; 11 – редуктор; 12 – электродвигатель; 13 – рама

Электродвигатель 12 и редуктор 11 придала барабана установлены на траверсе 6 и приводят во вращение зубчатый венец барабана. Пневмо- или гидроцилиндр 1 наклоне траверсы с барабаном закреплен на одной из стоек 9, а шток его соединен шарниром с кронштейном траверсы 6.

Рабочий цикл гравитационных бетоносмесителей состоит из следующих операций: загрузка составляющих бетонной смеси в барабан, перемешивание материала, нагрузка готовой смеси, 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  $15^\circ$  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  $45^\circ$  к горизонту.

### **Определение производительности циклических бетоносмесителей**

Техническая производительность циклических бетоносмесителей определяется по формуле:

$$П = \frac{3600V}{1000T_{ц}}$$

где  $V$  – объем готового замеса в л;  $V = V_{заг}k_{вых}$ ;

$V_{заг}$  – вместимость барабана по загрузке сухих компонентов, л;

$k_{вых}$  – коэффициент выхода бетонной смеси,  $k_{вых} = 0,65 \dots 0,70$ ;

$T_{ц}$  – 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  $t_1 = 40 \dots 50$  с, при загрузке скиповым подъемником  $t_1 = 15 \dots 25$  с, при загрузке из грузоподъемных ковшей дозатора  $t_1 = 10 \dots 15$  с;

$t_2$  – продолжительность перемешивания (табл. 8.1);

$t_3$  – продолжительность выгрузки готовой бетонной смеси, для бетоносмесителей с опрокидным и грушевидным барабаном и с двухконусным наклоняющимся барабаном  $t_3 = 10 \dots 20$  с причем большие значения принимаются для бетоносмесителей с большей вместимостью барабана;

$t_4$  – продолжительность поворота барабана в положение загрузки составляющих смеси, принимается  $t_4 = 3 \dots 5$  с.

Основными способами транспортирования бетонных смесей и строительных растворов являются перевозка их автотранспортом от места приготовления к строительным площадкам, перекачивание по трубопроводам, подача на место укладки в бадьях или других емкостях с помощью кранов.

Определенные требования к конструкции бетонотранспортных средств накладывают такие свойства бетонных смесей и растворов, как схватывание в течение ограниченного времени, расслаивание при перевозках без побуждения, испарение затворителей, подверженность воздействию атмосферных осадков, отрицательных и повышенных температур и т. п. С учетом этих требований, а также неизбежных потерь при транспортировании, сопровождающихся загрязнением окружающей среды, неспециализированные транспортные средства – самосвалы, бадьи, бункера и т. п. – повсеместно вытесняются специализированными бетонотранспортными машинами-автобетоносмесителями, автобетоновозами, растворовозами, бетононасосами, растворонасосами, установками для набрызга бетонной смеси.

Наибольшая экономическая эффективность использования бетонотранспортной техники достигается при сосредоточении ее в едином бетоноукладочном комплексе в составе бетононасоса (растворонасоса) и нескольких автотранспортных средств (3 – 10 автобетоносмесителей), число которых рассчитывают исходя из условия непрерывного подвоза бетонной смеси и в зависимости от расстояния между бетонным заводом и строительной площадкой. С усовершенствованием организации бетонных работ в состав комплекса могут быть также включены бетоносмесительные установки, а персонал комплекса дополнен бригадой бетонщиков.

Автобетоносмесители предназначены для доставки отдозированных компонентов бетонной смеси, приготовления ее в пути следования или по прибытии на строительный объект, а также доставки готовой смеси потребителю.

Автобетоносмесители представляют собой гравитационные смесители грушевидной формы, установленные на шасси автомобиля (табл. 7.2). В качестве приводного двигателя используется двигатель шасси либо автономный дизель-мотор. Смесительный барабан приводится во вращение либо через механическую передачу, включающую редуктор, цепь и зубчатый венец, закрепленный на барабане, либо через гидромеханическую передачу, включающую гидронасос, гидромотор, и планетарный редуктор.

Смесительные барабаны имеют внутри винтовые лопасти, обеспечивающие перемешивание бетонной смеси при вращении барабана в одну сторону и разгрузку – при вращении в обратном направлении.

Автобетоносмесители снабжены лоточными загрузочно-разгрузочными устройствами, баками для воды затворения и промывки, аппаратурой для подачи воды под давлением и ее дозирования.

Для обеспечения эксплуатации, в зимний период водяной бак, водяные трубы и другую водяную арматуру утепляют.

Таблица 7.2

## Техническая характеристика автобетоносмесителей

Показатели	СБ-159А	АБС-5	АБС-6	СБ-92В-1
Базовое шасси	КамАЗ-5511		КрАЗ-250	КамАЗ-5511
Привод смесительного барабана	Гидромеханический от дизеля шасси			Механический от автономного дизеля
Максимальный объем перевозимой бетонной смеси, м <sup>3</sup> , в зависимости от плотности $\rho$ , т/м <sup>3</sup> :				
1,8	5,0	5,0	6,0	5,0
2,2	4,0	4,1	5,0	4,0
Время перемешивания, мин	15...20			
Частота вращения смесительного барабана, мин <sup>-1</sup>	0...20	0...18	0...12	6...14
Темп выгрузки, м <sup>3</sup> /мин, при подвижности бетонной смеси:				
2...5 см	1			
7...8 см	2			
Наибольшая скорость автобетоносмесителя при полной загрузке на горизонтальном участке дороги с твердым покрытием, км/ч	60			
Габаритные размеры автобетоносмесителя, мм, не более:				
длина	8000	7350	9540	7350
ширина	2500	2500	2500	2500
высота	3500	3420	3640	3460
Масса автобетоносмесителя, т, не более:				
снаряженного (порожного)	9,75	9,85	12,75	10,15
загруженного	19,15	19,425	24	19,15

Общий вид автобетоносмесителя показан на рисунке 7.3. Рама 8 технологического оборудования прикреплена к раме шасси 1 автомобиля КамАЗ-5511 с помощью болтов и кронштейнов и представляет собой сварной узел, состоящий из продольной рамы, задней стойки и передней стойки, которая является опорой для редуктора, и бака для воды. На задней стойке установлена роликовая опора барабана из двух роликов 4.

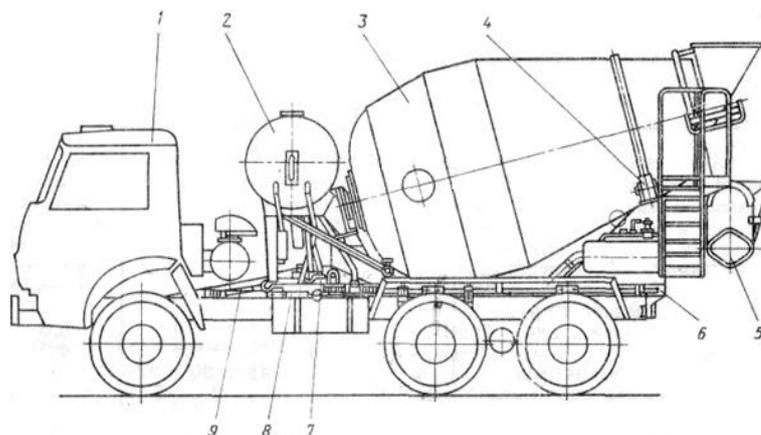


Рис. 7.3. Общий вид автобетоносмесителя:

- 1 – шасси автомобиля; 2 – водяной бак; 3 – смесительный барабан; 4 – ролик;  
 5 – загрузочно-разгрузочное устройство; 6 – гидромотор; 7 – гидронасос;  
 8 – рама; 9 – карданный вал

Смесительный барабан 3 выполнен в виде двух усеченных конусов, повернутых друг к другу основаниями и соединенных цилиндрической вставкой. Ось барабана имеет наклон  $15^\circ$ . Лопастей смесительного барабана винтовые двухзаходные. В переднем конусе барабана имеются два смотровых люка, через которые можно осуществлять аварийную разгрузку. Передней частью смесительный барабан прикреплен к редуктору; бандажом, установленным на заднем конусе, барабан опирается на роликовую опору.

Загрузочно-разгрузочное устройство 5 состоит из приемного бункера и системы лотков, которые могут поворачиваться относительно друг друга и изменять наклон, обеспечивая выгрузку бетонной смеси в нужном направлении.

Водяной бак 2 выпускается в двух модификациях (емкостью 400 и 800 л), снабжен указателем уровня и водомером. Наполнение бака производится по рукаву. Дозируемая вода подается сжатым воздухом в смесительный барабан через разбрызгиватель; расход воды контролируется по указателю уровня и водомеру. Вода для промывки подается в обход водомера. Для подогрева воды в бак помещен теплообменник гидросистемы.

Для подачи воды используется избыточный сжатый воздух тормозной системы шасси, который через систему вентиля и предохранительный клапан, настроенный на 0,4 МПа, поступает в водяной бак и выдавливает из него воду.

Привод смесительного барабана осуществляется следующим образом. Крутящий момент от двигателя шасси передается через коробку отбора мощности и карданный вал 9 главному гидронасосу 7. От гидронасоса рабочая жидкость поступает в реверсивный гидромотор 6. Рабочее давление в системе составляет 16...20 МПа. Гидромотор соединен с трехступенчатым планетарным редуктором, выходной вал которого вращает смесительный барабан.

Гидросистема автобетоносмесителя включает также подпиточный насос, восполняющий утечки в системе главного гидронасоса и гидромотора, систему клапанов, рукавов высокого давления, бак и теплообменник.

Изменение подачи и направления потока масла (реверсирования подачи насоса) осуществляется изменением угла наклона поворотного корпуса главного насоса, выполненного по аксиально-поршневой схеме. При изменении угла от нуля до максимума в ту или иную сторону гидромотор вращает смесительный барабан по часовой стрелке или против нее.

Процессом загрузки и выгрузки управляют с выносного пульта 6, расположенного на задней стойке рамы; процессом побуждения в пути следования можно управлять из кабины водителя.

На рисунке 8.4 представлена кинематическая схема автобетоносмесителя. Объем перевозимой бетонной смеси  $V_{\bar{o}}$  и геометрическая вместимость смесительного барабана  $V_{\bar{c}}$  автобетоносмесителей связаны зависимостью

$$V_{\bar{o}} = V_{\bar{c}} k,$$

где  $k$  – коэффициент загрузки.

При перевозке готовых бетонных смесей принимают  $k \leq 0,5...0,6$ . Нижнее значение  $k$  соответствует условиям транспортирования сухих компонентов с последующим приготовлением бетонной смеси в автобетоносмесителе. Верхнее значение  $k$  соответствует условиям перевозки готовой бетонной смеси.

Мощность привода смесительного барабана рассчитывают по формуле

$$N = \frac{M_{\bar{o}} n_{\bar{o}}}{\eta_m \eta_{en}}$$

где  $M_{\bar{o}}$  – момент на валу смесительного барабана, соответствующий режиму загрузки и перемешивания, определяется экспериментально (для автобетоносмесителей с объемом перевозимой смеси 5 м<sup>3</sup>  $M_{\bar{o}} = 1500 \text{ Н} \cdot \text{м}$ );

$n_{\bar{o}}$  – частота вращения смесительного барабана в режиме загрузки и перемешивания;

$\eta_m$  – КПД механической передачи;

$\eta_{en}$  – КПД гидравлической передачи.

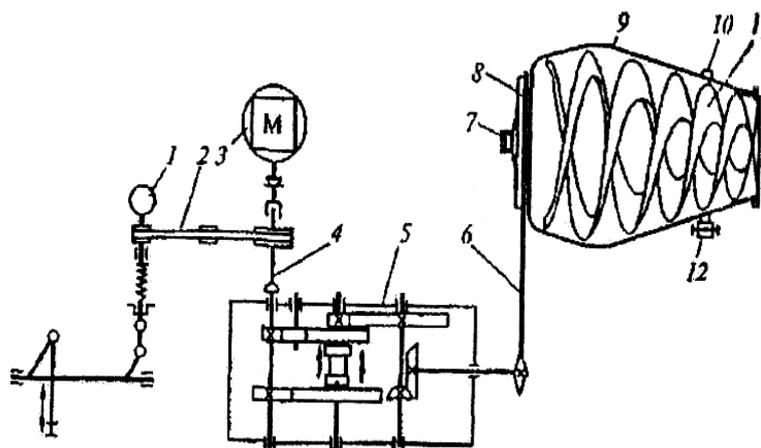


Рис. 7.4. Кинематическая схема автобетоносмесителя:  
 1 – насос; 2 – клиноременная передача; 3 – двигатель;  
 4 – карданный вал; 5 – редуктор; 6 – цепная передача;  
 7 – центральная цапфа; 8 – ведомая звездочка; 9 – барабан;  
 10 – гладкий бандаж; 11 – две спиральные лопасти; 12 – опорные ролики

Бетононасосы (табл. 7.3) предназначены для перекачивания по трубам (бетоноводам) бетонных смесей, принимаемых из автотранспортных средств, и подачи смесей к месту укладки. Их применяют во всех областях гражданского, промышленного и сельского строительства. Дополнительные возможности создает использование бетононасосов в комплекте с автономными бетонораспределительными стрелами-манипуляторами.

Использование бетононасосов требует высокой степени организации работ на строительной площадке; экономическая эффективность применения бетононасосов резко возрастает с увеличением объемов сменной выработки. Это определяется как факторами, общими для всех строительных машин, так и необходимостью выполнения специфических трудоемких вспомогательных работ – подачи пускового раствора для смазывания бетоноводов, промывки и очистки рабочих органов и бетоноводов при перерывах в работе, а также перекладывания и фиксации стационарных бетоноводов.

Бетононасосы классифицируются по принципу действия, способу передвижения и установки, типу приводного двигателя.

По принципу действия конструкции серийно выпускаемых бетононасосов разделяются на поршневые и роторно-шланговые (перистальтические).

По способу передвижения и установки различают автобетононасосы на базе автомобильных шасси (рис. 7.5), прицепные на колесном ходу и стационарные на рамах.

Источником энергии в автобетононасосах является дизель шасси или автономный дизель. Прицепные и стационарные бетононасосы могут быть оборудованы как дизелями, так и электродвигателями.

Таблица 7.3

## Техническая характеристика бетононасосов

Показатели	СБ-126Б	СБ-126Б-1	БН-80-20М	СБ-161
Тип	Автобетононасос			Стационарный
Базовое шасси	КамАЗ-53213		КрАЗ-250	–
Производительность максимальная, м <sup>3</sup> /ч	65			60
Давление (максимальное) на бетонную смесь, МПа	6			
Подвижность перекачиваемой бетонной смеси (осадка конуса), см	6...12		4...12	6...12
Наибольшая крупность заполнителя, мм	50		40	40
Высота подачи бетонной смеси стрелой (максимальная), м	21		20	–
Вылет стрелы, м	18		17	–
Объем приемной воронки, м <sup>3</sup>	0,6		0,4	0,6
Высота загрузки, мм	1400			
Габаритные размеры, мм:				
длина	10000		9887	5500
ширина	2500		2500	1850
высота	3800		3700	1500
Масса конструктивная, кг	17000	19100	19750	5400
Рабочая температура окружающего воздуха, °С	+40...-5	+40...-40	+40...-30	+40...-5

В бетононасосах всех типов можно выделить следующие основные узлы, смонтированные на общей раме (рис. 7.5): загрузочную воронку 6, привод, качающий узел 4, нагнетательный бетоновод 7, вспомогательные механизмы. Автобетононасосы, как правило, снабжены также бетонораспределительной стрелой-манипулятором 2. Привод всех современных бетононасосов является гидравлическим с большим разнообразием принципиальных схем.

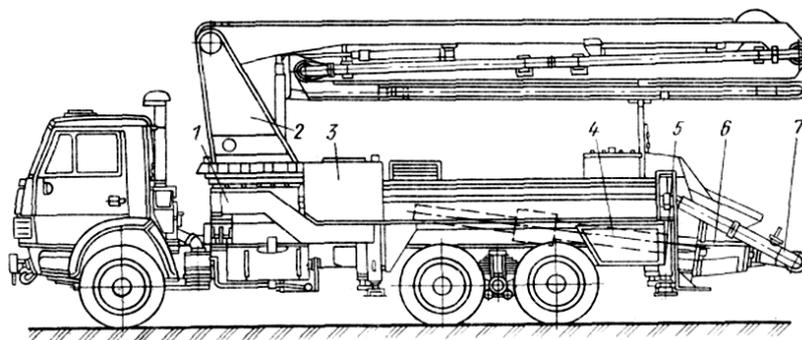


Рис. 7.5. Автобетононасос:

- 1, 5 – выдвигная опора; 2 – бетонораспределительная стрела-манипулятор;  
 3 – водяной бак; 4 – качающий узел; 6 – загрузочная воронка;  
 7 – нагнетательный бетоновод

Качающий узел поршневого бетононасоса состоит из цилиндропоршневой группы 5 и бетонораспределителя 3, поочередно направляющего нагнетаемую бетонную смесь в бетоновод 2 (рис. 7.6, а), при этом процесс нагнетания имеет циклический характер.

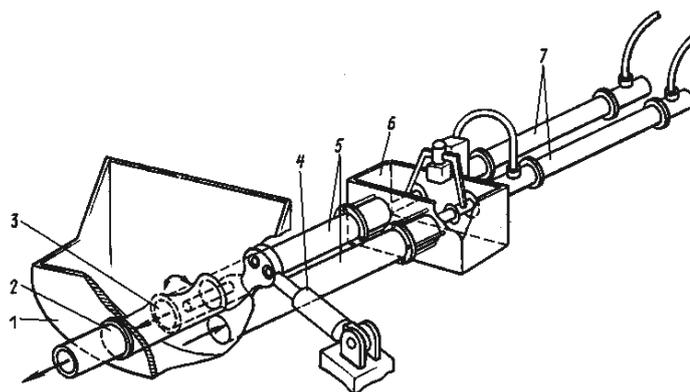


Рис. 7.6, а. Качающий узел поршневого бетононасоса:

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

Качающий узел роторно-шланговых бетононасосов (рис. 7.6, б) выполнен в виде ротора, несущего 2-3 прижимных ролика и вращающегося внутри барабана, при этом ролики обкатываются по шлангу, уложенному по внутренней поверхности барабана, и выдавливают бетонную смесь из шланга в бетоновод. Благодаря образуемому в шланге разрежению в него всасываются новые порции бетонной смеси из приемной воронки. Таким образом, процессы всасывания и нагнетания осуществляются практически непрерывно.

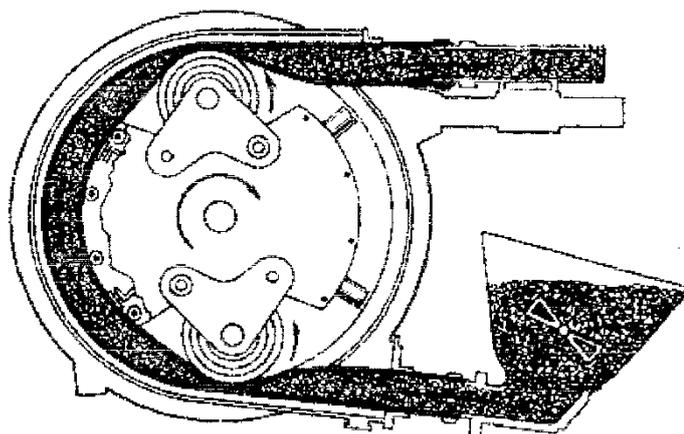


Рис. 7.6, б. Качающий узел роторно-шлангового бетононасоса

Поршневые бетононасосы развивают давление на бетонную смесь 6 МПа и более, но при этом отличаются сложностью гидросхем привода. Роторные бетононасосы развивают давление не более 3 МПа, но благодаря простоте конструкции отличаются большей надежностью и простотой обслуживания.

Бетоноводы бетононасосов собирают из отрезков труб с внутренним диаметром 100–125 мм, соединяемых между собой быстросъемными замками с резиновыми манжетными уплотнениями. Назначение бетоноводов – подача бетонной смеси от качающего узла к месту укладки. В автобетононасосах бетоноводы прикрепляют к раме и бетонораспределительной стреле-манипулятору.

Стационарные и прицепные бетононасосы нагнетают бетонную смесь в бетоноводы, проложенные по строительной площадке и ее сооружениям.

Бетонораспределительные стрелы автобетононасосов состоят из трех и более шарнирно-сочлененных секций, раскладывающихся с помощью гидроцилиндров.

Вспомогательные механизмы компрессор и водяной насос – обеспечивают промывку и очистку рабочих органов бетононасоса после работы. Бетоновод очищается шарами из губчатой резины, продавливаемыми под давлением, создаваемым компрессором. Прочие узлы технологического оборудования отмываются от бетонной смеси струей из шланга, присоединенного к водяному насосу.

Автобетононасосы, предназначенные для работы при отрицательных температурах, оборудованы кабинами операторов и снабжены системами обогрева технологического оборудования.

Автобетононасос СБ-126Б имеет качающий узел, состоящий из цилиндропоршневой группы и бетонораспределителя (рис. 7.6).

В цилиндропоршневую группу входят два бетонотранспортных цилиндра 5 диаметром по 180 мм, поршни которых приводятся в движение штоками главных цилиндров 7 гидропривода диаметром по 100 мм. Между цилиндрами гидропривода и бетонотранспортными цилиндрами расположена промывочная воронка 6, в которую перед работой бетононасоса заливается

вода с целью смазывания рабочих поверхностей бетонотранспортных цилиндров и их обрешиненных поршней.

Поршни бетонотранспортных цилиндров работают в противофазном режиме: когда один из них обеспечивает всасывание бетонной смеси, другой синхронно осуществляет такт нагнетания, после завершения, которого этот поршень, в свою очередь, становится всасывающим, а первый нагнетающим и т. д. Выходные отверстия нагнетающих цилиндров попеременно соединяются с бетоноводом 2 с помощью поворотного бетонораспределителя 3, помещенного в загрузочную воронку 1 и выполненного в виде трубчатого тройника. Перемещения бетонораспределителя осуществляются с помощью двух плунжерных гидроцилиндров 4.

Согласованная работа всех гидроцилиндров в автоматическом режиме обеспечивается принципиальной гидросхемой (открытого типа), включающей три насоса и ряд гидрораспределителей с гидравлическим управлением. Привод всех насосов осуществляется от дизеля шасси КамАЗ-53213 через коробку отбора мощности.

Бетонораспределительная стрела 2 (рис. 7.5) с вылетом 18 м состоит из трех секций коробчатого сечения; первая (корневая) секция поднимается спаренными гидроцилиндрами диаметром 100 мм, вторая – цилиндром диаметром 125 мм и третья – цилиндром диаметром также 100 мм.

Корневая секция стрелы шарнирно закреплена на стойке, установленной на поворотном круге. Поворот стрелы на 360° осуществляется гидромотором через зубчатое зацепление, венец которого входит в конструкцию поворотного круга.

Бетоновод 7, проложенный вдоль всех секций стрелы, заканчивается резиноканевым шлангом длиной 5 м. В местах шарнирного соединения секций стрелы секции бетоновода также имеют поворотные уплотненные соединения.

В рабочем положении автобетононасос устанавливается на выдвижные опоры 1 и 5.

Вспомогательные механизмы – компрессор и водяной насос имеют гидравлический привод, каждый из них развивает давление до 0,7 МПа. Вода в водяной насос поступает из бака 3 вместимостью 400 л.

Управление работой качающего узла 4 и бетонораспределительной стрелы 2 осуществляется с помощью выносного пульта, снабженного кабелем длиной 18 м. Вспомогательные механизмы и выдвижные опоры управляются со стационарного пульта.

Основными показателями технической характеристики бетононасоса являются производительность  $Q$  и давление на бетонную смесь  $p$ . Произведение этих величин дает в общем виде формулу затрачиваемой мощности

$$N = \frac{Qp}{\eta_m \eta_{en}},$$

где  $\eta_m$  – механический КПД привода;

$\eta_{en}$  – КПД гидропривода.

Как видно из выражения, при ограниченной мощности приводного гидронасоса максимальные значения  $Q$  и  $p$  не могут быть достигнуты одновременно.

Различают теоретическое  $Q_m$  и техническое  $Q_n$  значения производительности.

Теоретическая производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$Q_m = 60 \frac{\pi D^2}{4} L n$$

где  $D$  – диаметр бетонотранспортного цилиндра, м;

$L$  – ход бетонотранспортного поршня, м;

$n$  – суммарное число ходов бетонотранспортных поршней в минуту.

Техническая производительность

$$Q_n = Q_m \eta_b,$$

где  $\eta_b$  – объемный КПД бетонотранспортного цилиндра.

Значения  $\eta_b$ , характеризующие заполнение бетонотранспортного цилиндра при всасывании, обусловлены реологическими свойствами бетонных смесей. Для наиболее распространенных марок  $\eta_b = 0,7 \dots 0,9$ .

Давление на бетонную смесь  $p$ , развиваемое бетонотранспортным поршнем, определяется по формуле

$$p = p_z \frac{d^2}{D^2} - \Delta p_z,$$

где  $p_z$  – давление в гидросистеме, максимальное значение которого задается настройкой предохранительного клапана;

$d$  – диаметр главного гидроцилиндра;

$\Delta p_z$  – потери в гидросистеме, составляющие около  $0,1 p_z$ .

### **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:

- устный и письменный опрос во время контрольной работы;
- проведение текущих контрольных заданий по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- сдача зачета.

#### **3.2 Вопросы промежуточного контроля знаний**

1. Логика построения машины.
2. Теоретическая, техническая и эксплуатационная производительность строительных машин.
3. Понятие, назначение и классификация силового оборудования машин.
4. Виды механических передач. Основные параметры.
5. Виды и назначение редукторов. Главные параметры.
6. Валы и оси, их отличительные особенности, назначение.
7. Подшипники качения и скольжения. Устройство, условия работы и применения.
8. Гидравлические передачи. Классификация, преимущества и недостатки по сравнению с механическими передачами.
9. Назначение и классификация систем управления строительными машинами.
10. Виды ходового оборудования строительных машин. Тяговый расчет.
11. Базовые машины. Общая классификация. Главные параметры.
12. Классификация грузоподъемных кранов.
13. Назначение и конструкция основных механизмов кранов.
14. Производительность кранов.
15. Машины и устройства непрерывного транспорта. Назначение и классификация.
16. Погрузочно-разгрузочные машины периодического действия. Общая характеристика и классификация.
17. Классификация подъемников. Особенности их работы и области применения.
18. Физико-механические свойства грунтов, определяющие трудность их разработки.
19. Классификация и индексация одноковшовых экскаваторов, область их применения.

20. Основные виды сменного рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов.
21. Производительность одноковшовых экскаваторов и пути ее повышения.
22. Классификация и особенности конструкции машин для разработки прочных и мёрзлых грунтов.
23. Основные способы разработки грунта с применением средств гидромеханизации.
24. Классификация землеройно-транспортных машин.
25. Производительность бульдозера при резании и перемещении грунта.
26. Производительность грейдера.
27. Назначение, классификация и основные параметры грунтоуплотняющих машин.
28. Общие сведения о дроблении строительных материалов. Конструкция и принцип работы камнедробильных машин.
29. Классификация бетоносмесителей циклического действия. Определение их производительности.
30. Производительность бетоносмесителей непрерывного действия. Требования к качеству приготовления бетонной смеси.
31. Машины и оборудование для транспортирования бетонной смеси и растворов. Назначение, классификация и принцип работы.
32. Оборудование для укладки и уплотнения бетонной смеси. Назначение, классификация и принцип работы.
33. Копры и копровое оборудование. Назначение, классификация, принцип работы.
34. Дизель-молоты и вибропогружатели. Назначение, основные параметры, классификация, принцип работы.
35. Механизированный строительный инструмент. Назначение и классификация. Типаж механизированного инструмента.
36. Назначение и классификация машин для отделочных работ.
37. Общие сведения об эксплуатации строительных машин.

### **3.3 Вопросы к зачету**

1. Логика построения машины.
2. Понятие производительности строительных машин циклического и непрерывного действия.
3. Теоретическая, техническая и эксплуатационная производительность строительных машин.
4. Назначение и классификация силового оборудования машин.
5. Общее устройство и принцип работы дизельного и карбюраторного двигателей.
6. Назначение, основные кинематические и силовые закономерности механических передач: передаточные числа, КПД, мощность крутящий момент.

7. Конструктивные разновидности передач: зубчатая, червячная, цепная, ременная, фрикционная.
8. Валы и оси, их отличительные особенности, назначение.
9. Подшипники качения и скольжения. Устройство, условия работы и применения.
10. Редукторы.
11. Гидравлические передачи. Гидродинамическая и гидрообъемная передача.
12. Классификация и типы гусеничных и пневмоколесных тракторов. Тяговый класс трактора.
13. Классификация, основные параметры, назначение автомобилей.
14. Машины и устройства непрерывного транспорта. Назначение и классификация.
15. Общее устройство, принцип действия, область применения, основные параметры ленточных конвейеров.
16. Полиспасты, КПД, кратность.
17. Производительность башенных кранов.
18. Общие сведения о машинах для земляных работ. Взаимодействие рабочих органов с грунтом. Определение сопротивления грунта копанию.
19. Классификация, типы и индексация одноковшовых экскаваторов.
20. Основные виды рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов (прямая, обратная лопата, драглайн, грейфер, рыхлитель, корчеватель и т.д.).
21. Производительность одноковшовых экскаваторов и пути ее повышения.
22. Классификация землеройно-транспортных машин. Особенности рабочего процесса и области применения.
23. Скреперы. Классификация, рабочий процесс. Производительность скрепера.
24. Бульдозеры. Устройство и рабочий процесс. Особенности конструкции. Производительность бульдозера и пути ее повышения.
25. Грейдеры и автогрейдеры. Классификация, устройство и принцип работы.
26. Классификация машин для уплотнения грунтов. Устройство и область применения катков. Производительность катков. Общие понятия о трамбуемых и вибрационных машинах.
27. Основные способы разработки грунта с применением средств гидромеханизации.
28. Классификация машин для дробления, сортировки и промывки заполнителей бетона.
29. Общие сведения о дроблении строительных материалов. Конструкция и принцип работы камнедробильных машин.
30. Машины для приготовления бетонной смеси и растворов.
31. Бетоносмесители. Классификация. Бетоносмесители циклического и непрерывного действия. Производительность бетоносмесителей.
32. Машины для разработки прочных и мерзлых грунтов, Классификация, принцип действия.

33. Сваебойное оборудование. Копры и копровое оборудование. Основные параметры молотов и вибропогружателей. Назначение, классификация, принцип действия.
34. Механизированный инструмент. Назначение и классификация.
35. Назначение и классификация машин для отделочных работ.
36. Общие сведения об эксплуатации строительных машин.

## 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Учебная программа

Основными задачами преподавания учебной дисциплины являются:

- изучение научных основ функционирования современных технических средств и систем механизации и автоматизации строительных процессов;
- на примерах и анализе передовых разработок средств механизации и автоматизации, в процессе выполнения лабораторных работ студентами БНТУ даются практические навыки выбора и использования современных строительных машин, средств механизации и автоматизации технологических процессов.

В результате изучения учебной дисциплины «Механизация и автоматизация в строительстве» студент должен:

**знать:**

- конструкции основных типов строительных машин;
- основные технико-экономические показатели строительных машин и механизмов;

**уметь:**

- обоснованно выбирать оптимальные варианты механизации для строительства и эксплуатации зданий и сооружений;
- осуществлять измерения основных рабочих параметров, обеспечивающих эффективную и безопасную эксплуатацию строительных машин и механизмов;
- применять средства автоматизации расчетно-аналитических работ и разрабатывать технические решения, обеспечивающие снижение энергетических и других эксплуатационных затрат на транспорте;

**владеть:**

- основами технологического расчета и экономического эффекта от работы строительных машин и механизмов;
- 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 (обладать креативностью);

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 течении 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-4. Анализировать и оценивать собранные данные;

ПК-5. Готовить доклады, материалы к презентациям;

ПК-6. Владеть современными средствами инфо-коммуникаций;

ПК-8. Обеспечивать качественное выполнение строительных работ в точном соответствии с проектом, составлять акты на выполнение скрытых работ, определять и документально оформлять объемы выполненных строительных работ;

ПК-19. Разрабатывать техническое задание на проектируемую структурную единицу машины или машину в целом с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

ПК-21. Рассчитывать и анализировать надежность работы машин, агрегатов и комплекса машин с учетом их условий эксплуатации;

ПК-24. Намечать основные этапы научных исследований по производственно-технической и ремонтно-эксплуатационной деятельности;

ПК-28. Определять цели инноваций и способы их достижения.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

**Тема 1. Введение. Классификация строительных машин**

**Тема 2. Логика построения строительных машин**

**Тема 3. Техничко-экономические показатели строительных машин. Пути обновления машинных парков**

**Тема 4. Транспортные, транспортирующие и погрузочно-разгрузочные машины**

**Тема 5. Машины для земляных работ**

**Тема 6. Грузоподъемные машины**

**Тема 7. Оборудование для свайных работ**

**Тема 8. Оборудование для дробления, сортировки и мойки каменных материалов, машины и оборудование для приготовления, транспортирования бетонов и растворов и уплотнения бетонной смеси**

**Тема 9. Машины для отделочных работ**

**Тема 10. Ручные машины. Основы эксплуатации строительных машин**

**Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

- решение индивидуальных заданий (задач);
- выполнение чертежей, расчетно-графических работ;
- изготовление макетов;
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников.

**4.2 Список рекомендуемой литературы**

**Основная литература**

1. Строительные машины: учебник / Д.П. Волков [и др.]; под ред. Д.П. Волкова. М.: Высшая школа, 1998. - 320 с.
2. Доценко А.И. Строительные машины/ А.И. Доценко, В.Г. Дронов /М., Высшая школа, 2012. - 391 с.
3. Вавилов А.В. Дорожно-строительные машины/ А.В. Вавилов, И.И. Леонович и др./ Минск Технопринт, 2000. - 515 с.

**Дополнительная литература**

4. Вавилов А.В. Механизация в строительстве/ А.В. Вавилов и, М.М. Гарост, Л.И. Передня и др. Практикум для студентов специальности 1-70 02 01 Мн, БНТУ, 2017, 93с.
5. Вавилов А.В. Строительные, дорожные и транспортные машины/ А.В. Вавилов, А.А. Шавель, А.Я. Котлобай и др. Практикум Мн., БНТУ, 2017 89с.
6. Вавилов, А.В. Введение в инженерное образование / А.В. Вавилов. БНТУ, 2007. -315 с.