

**МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Учебное пособие**

**Табаков С.В.**

## **Раздел I. Введение. Общие сведения о механизации и автоматизации строительства**

Современное строительство является одной из наиболее механизированных сфер человеческой деятельности. Строительные машины используются на всех этапах строительного производства, а именно:

- 1- в карьерной добыче строительных материалов (песка, гравия, глины, мела и т.д.);
- 2- в изготовлении железобетонных, металлических, деревянных и других строительных конструкций заводским способом;
- 3- на погрузке, разгрузке и транспортировке строительных материалов, изделий и конструкций;
- 4- в технологических процессах возведения зданий и сооружений, строительстве дорог, подземных коммуникаций, объектов гидротехнического, энергетического и других видов строительства;
- 5- на работах по освоению стройплощадок, от нулевого цикла до завершающих стадий отделочных, кровельных и других работ;
- 6- это средства механизации ремонтных и восстановительных работ (большой набор ручных машин).

В прошлом решалась задача замены трудоемких ручных строительных процессов машинными, вытеснения ручного труда широким внедрением средств малой механизации.

В настоящее время решаются проблемы более высокого уровня, к которым относятся:

- 1- создание комплексов машин с высокой выработкой строительной продукции при минимальных затратах на ее создание;
- 2- обеспечение комфортности обслуживающему машины персоналу, широкое внедрение автоматических систем управления для облегчения труда человека-оператора и повышения качества строительства.

### **Механизация строительства и основные показатели ее уровня**

Строительные процессы выполняют преимущественно с помощью машин. А это:

- высокая производительность труда;
- низкая стоимость стройпродукции;
- сокращение сроков строительства;
- снижение общих затрат.

Некоторые операции (процессы) ведут вручную, из-за нецелесообразности их механизации.

Строительные процессы, в которых заняты машины, называют механизированными, а их обеспеченность машинами – механизацией строительства.

Механизация может быть полной и частичной:

- 1- при полной механизации все работы выполняются машинами;
- 2- при частичной механизации на отдельных операциях используется ручной труд.

В механизации строительства также существует понятие малой механизации. Это когда используются ручные машины, механизмы, приспособления и оснастка, упрощающих и облегчающих ручной труд и повышающих его производительность.

Строительные работы могут быть выполнены различными типами и моделями машин.

Как выбрать оптимальные средства механизации? Здесь используют показатели механизации, а именно:

- 1- производительность труда на одного рабочего – это отношение объема работ к числу рабочих.

$$П_1 = \frac{\sum V_{o.p.}}{\sum N}, \quad (1)$$

где  $\sum V_{o.p.}$  - общий объем работ, выполненный в течение смены;

$\sum N$  – общее число рабочих, занятых на этих работах.

- 2- стоимость единицы продукции, равная сумме всех затрат в денежном эквиваленте, связанных с ее производством.
- 3- доля ручного труда – это отношение объема (стоимости) работ вручную к общему объему (стоимости) работ, или отношение количества рабочих ручных к общему их количеству.

$$Д = \frac{V(C)_{ручн.}}{\sum V(C)_{o.p.}}, \quad (2)$$

или

$$Д = \frac{N_{ручн.}}{\sum N_{o.p.}}, \quad (3)$$

Эффект механизации строительства выше, чем больше 1 показатель и ниже 2 и 3 показатели.

Эти показатели зависят также от основных параметров машин (массы, мощности и т.д.)

Наиболее полно уровень механизации можно оценить стоимостью единицы продукции, комплексно учитывающей все издержки строительного производства.

Удельные приведенные затраты определяются (для одной машины):

$$Z_{уд.} = Z / П_2, \quad (4)$$

где  $П_2$  - годовая эксплуатационная производительность машины;  $Z=C+EK$  – годовые приведенные затраты;  $C$  – текущие затраты, равные себестоимости годового объема продукции машины;  $E$  – коэффициент эффективности капиталовложений. Зависит от срока службы машины: 1.  $E=0,1-0,15$  – для крупных машин; 2.  $E=0,4-0,5$  – для машин с малой мощностью;  $K$  – единовременные капиталовложения на создание или покупку машины.

Более высокой эффективности применения машин соответствуют меньшие удельные затраты.

Если в строительном процессе занято несколько машин, то под  $Z$  понимают их суммарные затраты, а под  $П_2$  - их суммарную годовую производительность.

Нужно стремиться к:

- 1- высокой производительности;
- 2- минимальному расходу энергии и топлива;

- 3- минимальным затратам эксплуатируемых материалов и инструментов при их работе;
- 4- минимальным затратам времени и других ресурсов на ремонт, техническое обслуживание и перебазирование машин;
- 5- минимальному числу обслуживающего персонала.

## **Комплексная механизация и автоматизация строительных процессов**

Строительные работы делятся на технологические процессы, последние на операции (циклические, выполняются последовательно, и непрерывные, выполняются одновременно).

Рыхление прочного грунта гидромолотом перед его экскаваторной разработкой образует комплекс (комплекс машин – экскаватор + гидромолот).

Наиболее высокой формой механизации строительных работ является комплексная механизация (К.М.). Здесь все основные и вспомогательные тяжелые и трудоемкие операции и процессы выполняются комплексно с помощью машин, механизмов и оборудования.

В составе комплексов машин различают ведущие, вспомогательные и резервные машины.

Показатели комплексной механизации работ:

1. Уровень К.М. – отношение объема работ комплексно-механизированным способом к общему объему работ.
2. Механовооруженность труда – стоимость занятых в процессе машин, приходящаяся на одного рабочего.
3. Энерговооруженность труда – количество энергии, потребляемое в процессе выполнения строительных работ, приходящееся на один отработанный человеко-час или на одного рабочего.

Автоматизированными называют технологические процессы, в которых заняты машины, оснащенные устройствами, обеспечивающими выполнение строительных работ без оперативного вмешательства человека.

Автоматизация одна из наиболее эффективных форм системы управления (полностью или частично освобождает человека от управления машиной).

Автоматизацию называют полной или комплексной.

Здесь все основные и вспомогательные процессы управления автоматизированы, заданная производительность и качество продукции обеспечивается без человека (он только наблюдает за работой специальных устройств).

Важным является автоматический учет и контроль за работой машин, связь между отдельными агрегатами и пунктами управления.

Это позволяет получать информацию о:

- 1- производительности труда;
- 2- количестве занятых в технологических процессах рабочих;
- 3- фактическом времени чистой работы машин;
- 4- состоянии их основных агрегатов и узлов;
- 5- простоях машин с указанием причин;
- 6- выработке машин;
- 7- расходе энергии, горючих и смазочных материалов.

Результатом обработки этой информации является – эффективное оперативное руководство ходом строительства и работой парка строительных машин.

## **Раздел II. Общие сведения о строительных машинах. Основные эксплуатационные и технико-экономические показатели**

### **Строительные машины: основные понятия и определения, параметры машин, типоразмер и модель. Индекс машин**

Строительной машиной называют устройство, которое посредством механического движения преобразует размеры, форму, свойства или положение в пространстве строительных материалов, изделий и конструкций (СМИК).

Строительные машины:

- 1- транспортные – это автомобили, тракторы, тягочи;
- 2- технологические – это грузоподъемные, транспортирующие.

Состояние функционирования машины, в процессе которого она вырабатывает продукцию, называют производственной эксплуатацией.

Мероприятия, обеспечивающие поддержание качества машин при их эксплуатации - приемка, сдача, обкатка, монтаж, демонтаж, транспортирование, хранение, консервация, техническое обслуживание, ремонт, снабжение материалами и запасными частями, обеспечение безопасной эксплуатации – все это техническая эксплуатация.

Предельное состояние машины – это невозможность ее дальнейшей эксплуатации из-за неустранимого нарушения требований безопасности.

1. Срок службы – это календарная продолжительность эксплуатации машины от ее начала до наступления предельного состояния.
2. Технический ресурс – это время в часах чистой работы машины до наступления предельного состояния.

Эти две обязательные характеристики указываются в технической документации на конкретные виды или модели машин.

Моральный износ машины – соответствие конструктивного решения современному уровню развития техники. Так как со временем модели машин устаревают и уступают по своим выходным параметрам, пришедшим на смену им новым моделям.

Параметром называют количественную, реже качественную, характеристику какого-либо существенного признака машины.

Различают главные, основные и вспомогательные параметры:

1. Главные параметры – это масса машины, мощность силовой установки или суммарная мощность основных двигателей в электроприводе, производительность и другие. Они наиболее определяют технологические возможности машины.
2. Основные параметры - необходимые для выбора машин параметры в определенных условиях их эксплуатации. К этим параметрам относятся:
  - 1- характеристики проходимости (удельное давление на грунт в рабочих и транспортных режимах);
  - 2- характеристики маневренности (радиусы разворота);
  - 3- характеристики других ходовых устройств (скорости передвижения, предельные углы подъема);
  - 4- характеристики усилий на рабочих органах;
  - 5- характеристики размеров рабочей зоны;
  - 6- характеристики габаритных размеров.
3. Вспомогательные – все остальные параметры (характеризуют условия технического обслуживания, ремонта и перебазирования).

В пределах каждой функциональной группы машины объединяются по типоразмерам, характеризуемым единым главным параметром.

Одному типоразмеру могут соответствовать несколько моделей, каждая из которых объединяет машины, имеющие идентичные параметры и конструктивные решения и изготовленные по единой рабочей документации.

В технической документации каждую модель машины обозначают индексом, в котором в кодированной форме заключено полное название машины с ее главными параметрами. Например: индекс КС-8362ХЛ – кран стреловой самоходный (КС), грузоподъемностью 100т (8 – восьмая размерная группа), пневмоколесный (3 – шифр ходового устройства), с гибкой (канатной) подвеской (6 – шифр гибкой подвески стрелового оборудования), второй модели (2) в северном исполнении (ХЛ).

Разберем общую классификацию строительных машин.

Общий признак – их назначение или виды выполняемых работ.

Все машины разбиты на следующие основные классы:

- 1- транспортные;
- 2- транспортирующие;
- 3- грузоподъемные;
- 4- погрузо-разгрузочные;
- 5- для земляных работ;
- 6- для свайных работ;
- 7- для дробления, сортировки и мойки каменных материалов;
- 8- для приготовления, транспортирования бетонных смесей и растворов и уплотнения бетонной смеси;
- 9- для отдельных работ;
- 10- ручной механизированный инструмент и другие средства малой механизации.

Каждый класс делится на группы (уровни), они на подгруппы или типы, на типоразмеры, на модели.

По узкой специализации различают универсальные и специальные машины.

Строительные машины классифицируются по следующим признакам:

- 1- по режиму рабочего процесса;
- 2- по роду используемой энергии;
- 3- по способности передвигаться;
- 4- по типу ходовых устройств.

По 1 признаку – на машины циклического и непрерывного действия.

По 2 признаку – на машины, работающие от собственного двигателя внутреннего сгорания и от внешних источников с питанием от внешней среды.

По 3 признаку – на машины стационарные и передвижные. Работают на одном постоянном месте (дробильные, сортировочные, моечные, смесительные и другие).

По 4 признаку различают гусеничные, пневмоколесные, рельсоколесные и специальные машины (шагающие, вездеходные).

## **Структура строительной машины, ее производительность.**

### **Общие требования, предъявляемые машинам**

Обязательные составные части любой машины;

- 1- привод, состоящий из силовой установки;
- 2- передаточные устройства (трансмиссии);
- 3- система управления;
- 4- один или несколько рабочих органов;
- 5- рама (несущие конструкции).

У передвижных машин добавляется ходовое устройство шасси.

Производительность – важная характеристика строительных машин. Это количество продукции, произведенной машиной в единицу времени.

Различают расчетную (теоретическая или конструктивная), техническую и эксплуатационную производительность.

Под расчетной производительностью понимают производительность за один час непрерывной работы при расчетных скоростях рабочих движений, расчетных нагрузках на рабочем органе и расчетных условиях работы.

Для машин циклического действия:

$$P_{\text{р}}^{\text{цикл}} = \frac{3600 \cdot Q}{t_{\text{ц}}}, \quad (5)$$

где  $Q$  – расчетное количество продукции;

$t_{\text{ц}}$  – расчетная производительность рабочего цикла.

Для машин непрерывного действия:

$$P_{\text{р}}^{\text{цикл}} = 3600 \cdot F \cdot v, \quad (6)$$

где  $F$  – расчетное количество продукции на 1 м длины ее потока.

$v$  – расчетная скорость потока.

Под технической производительностью ( $P_{\text{т}}$ ) понимают максимально возможную в данных производственных условиях производительность при непрерывной работе машин.

Эксплуатационная производительность машины ( $P_{\text{э}}$ ) – это фактическая производительность машины в данных производственных условиях с учетом ее простоев и неполного использования ее технологических возможностей.

$$P_{\text{э}} = \frac{\sum Q}{T_{\text{общ}}}, \quad (7)$$

где  $\sum Q$  – фактический объем произведенной продукции;

$T_{\text{общ}}$  – продолжительность нахождения машины на рабочей площадке, в течение которого эта продукция производилась.

Используются также 3 коэффициента:  $K_{\text{т}}$ ,  $K_{\text{в}}$ ,  $K_{\text{п}}$

$$K_{\text{т}} = \frac{P_{\text{т}}}{P_{\text{р}}}, \quad (8)$$

$$K_{\text{в}} = \frac{T_{\text{ч}}}{T_{\text{общ}}}, \quad (\text{использование машин во времени}) \quad (9)$$

$$K_{\text{п}} = \frac{P_{\text{э}}}{P_{\text{т}}}, \quad (\text{использование технологической возможности}) \quad (10)$$

$$K_{\text{п}} = K_{\text{т}} \cdot K_{\text{в}}, \quad (11)$$

где  $T_{\text{ч}}$  – продолжительность чистой работы машины (за вычетом простоев).

О требованиях, предъявляемых к набору комплектов машин. Это связано со структурой парка машин. Чем шире номенклатура типоразмеров основных видов машин, тем эффективнее решаются задачи комплексной механизации.

Важнейшие требования – это обеспечение благоприятных условий работы машинистов и обслуживающего персонала. Это социальная приспособленность машин (их эксплуатационные, эргономические (гигиена, жизнедеятельность, работоспособность человека), эстетические, экологические свойства).

## **Раздел III. Приводы строительных машин. Трансмиссии**

### **Определения, назначение, классификация, структура, оценочные критерии, режимы нагружения приводов строительных машин**

#### **Приводы и двигатели строймашин. Двигатели внутреннего сгорания. Электрические двигатели**

Приводом называется энергосиловое устройство, приводящее в движение машину. Привод состоит из: 1-источника энергии (силовой установки); 2-передаточного устройства (трансмиссии); 3-системы управления для включения и выключения механизмов машины, изменения режимов их движения.

Силовая установка состоит из двигателя и обслуживающих его устройств (топливный бак, устройства для охлаждения, для отвода выхлопных газов и т.п.).

Трансмиссии (передаточные устройства) бывают:

- 1- механические;
- 2- электрические;
- 3- гидравлические;
- 4- пневматические;
- 5- смешанные;
- 6- гидродинамические.

Наименование привод получает: 1- по типу двигателя силовой установки (карбюраторный, дизельный); 2- по виду используемой энергии внешнего источника (электрический, пневматический); 3- по типу трансмиссии (гидравлический, дизель-электрический).

Приводы бывают одноmotorные, групповые и многоmotorные.

Оценку эффективности приводов проводят по следующим показателям (общие требования):

- 1- минимальные габариты и масса;
- 2- высокая надежность и готовность к работе;
- 3- высокий КПД;
- 4- простота в управлении;
- 5- более приспособлены к автоматизации управления;
- 6- обеспечение независимости рабочих движений и их совмещения.

Передаваемое рабочему органу машины движение характеризуется кинематическими факторами:

- 1- скоростями (линейные или угловые);
- 2- силовыми факторами (усилиями, моментами).

Активное усилие (внешние + внутренние сопротивления), инерционные (динамические).

Для характеристики режимов работы привода отдельных механизмов и машин в целом пользуются:

- 1- отношениями максимальных значений усилий ( $P_{\max}$ ,  $T_{\max}$ ) и скоростей ( $V_{\max}$ ,  $w_{\max}$ ) на выходном звене привода к их средним значениям.  
а- вращающие моменты -  $T_{\max}$

б- усилия -  $P_{\max}$   
в- скорости –  $V_{\max}$  (линейные) и  $w_{\max}$  (угловые)  
 $P_{\text{ср}}$  ( $T_{\text{ср}}$ ) и  $V_{\text{ср}}$  ( $w_{\text{ср}}$ );

2- продолжительностью включений (ПВ) в % от общего времени работы машины;

3- количеством включений (КВ) в час.

В зависимости от степени изменения этих параметров (они колеблются в пределах  $T_{\max}/T_{\text{ср}}=1,1\dots3$  (для вращательного движения) ПВ=15-100%, КВ=10-600) режимы нагружения многих машин и их механизмов условно подразделяются на: 1) легкий; 2) средний, 3) тяжелый и 4) весьма тяжелый.

Важной характеристикой привода, определяющей его способность преодолевать сопротивления, значительно превышающие их средние значения, является коэффициент перегрузочной способности.

$$K_{\text{п.с.}} = \frac{T_{\max}}{T_{\text{номинал}}} \quad (1)$$

Для дизелей  $K_{\text{пер.}}=1,1-1,15$ .

Это отношение максимального момента  $T_{\max}$  по механической характеристике привода к его номинальному значению  $T_{\text{н}}$ .

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) относятся к группе тепловых двигателей. В них химическая энергия топлива, сгорающего в рабочих полостях цилиндров, преобразуется в механическую энергию.

История ДВС:

19 в. 1860г. Французский механик Э. Ленуар сконструировал первый газовый ДВС.

1876 г. Немец Н. Отто - 4-тактный газовый двигатель.

В России в 80 г. О.В. Костович – бензиновый карбюраторный двигатель.

1897 г. Немец Р. Дизель – первый дизельный двигатель.

1901 г. США первый трактор с ДВС.

1903 г. Братья Райт – самолет.

1903 г. – первый теплоход русские.

1924 г. Я.М. Гаккель Ленинград - первый тепловоз.

В приводах строительных машин применяют многоцилиндровые карбюраторные (бензин) и дизельные (дизтопливо) двигатели с 4мя, 6, 8 и 12 цилиндрами.

ДВС состоит из корпуса, кривошипно-шатунного механизма, механизма газораспределения, систем смазки, охлаждения, питания, зажигания, пуска, впуска и выпуска.

Рабочий цикл (рабочий процесс) ДВС – это последовательность периодически повторяющихся процессов (впуск, сжатие, сгорание топлива, расширение газов и их выпуск).

Часть рабочего цикла, совершаемого за ход поршня в одном направлении, называют тактом. В строительстве 4-тактные ДВС (рабочий цикл совершается за 4 такта или за 2 оборота коленчатого вала).

Шатун, поршень, цилиндр, клапан, топливно-воздушная смесь (пары бензина + воздух), карбюратор (для приготовления смеси), свечи (для искры), палец, трансмиссия, форсунка (для дизеля), топливный насос, маховик, храповик, стартер, аккумулятор.

Чем больше цилиндров, тем более равномерно вращение коленчатого вала. На нем устанавливают маховик (накапливает энергию).

Основные показатели работы ДВС: 1-мощность и крутящий момент на коленчатом валу; 2-часовой и удельный расход топлива (экономичность двигателя); 3-эффективный КПД (совершенство конструкции).

Дизели: КПД – 0,35-0,45; удельный расход – 190-240 г/кВт·ч. Недостатки: трудный запуск зимой, высокая чувствительность к перегрузкам, большая масса.

Карбюраторы: КПД – 0,26-0,32; расход – 280-320 г/кВт·ч.

Электродвигатели (ЭД). В строительстве применяют ЭД переменного и постоянного тока, напряжение 220-380 В, частота 50 Гц. Просты, дешевы, надежны, удобны в эксплуатации. Недостаток – высокая чувствительность к колебаниям напряжения в питающей сети. Асинхронные ЭД переменного тока, короткозамкнутые, с фазным ротором называются также двигателями с контактными кольцами.

## Механические передачи: общие сведения, параметры передачи

Механические трансмиссии (служат для передачи движения от силовой установки рабочим органам и движителям) состоят из:

- 1- механизмов для передачи непрерывного вращательного или поступательного движения;
- 2- механизмов для преобразования одной формы движения в другую.

При единственном потребителе передача превращается в трансмиссию.

Передача характеризуется входными, выходными и внутренними параметрами:

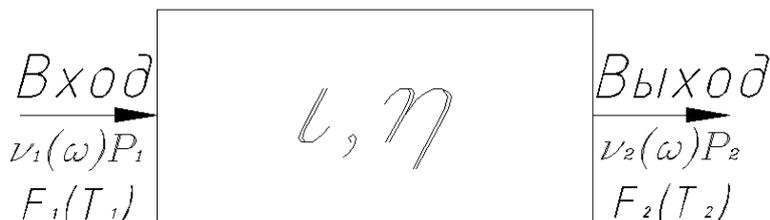


Рис.2.1. Структурная схема параметров передачи:

Это:

скорости: линейные  $V_1$  и  $V_2$  (м/с); угловые  $\omega_1$  и  $\omega_2$  ( $c^{-1}$ ).

силовые факторы: усилия  $F_1$  и  $F_2$  (Н) – при поступательном движении; крутящие моменты  $T_1$  и  $T_2$  (Н·м) – при вращательном движении.

мощности:  $P_1$  и  $P_2$  (Вт).

Внутренние параметры:

$$\begin{aligned} P_1 &= F_1 \cdot V_1; P_1 = T_1 \cdot \omega_1; \\ P_2 &= F_2 \cdot V_2; P_2 = T_2 \cdot \omega_2. \end{aligned} \quad (2)$$

1 – передаточное отношение –  $i$ ;

2 – коэффициент полезного действия (КПД) –  $\eta$ .

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad (3)$$

$$i = \frac{v_1}{v_2}; \quad (4)$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} < 1 \quad - \quad n \text{ – частота вращения}; \quad (5)$$

$$\eta = \frac{T_2 \cdot \omega_2}{T_1 \cdot \omega_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot i} \quad (\text{зависимости между входными и выходными параметрами}); \quad (6)$$

$$T_2 = T_1 \cdot i \cdot \eta; \quad (7)$$

$$F_2 = F_1 \cdot i \cdot \eta; \quad (8)$$

$$P = P_1 - P_2 \text{ – потери энергии внутри передачи.}$$

Выходной силовой фактор равен произведению входного силового фактора, передаточного отношения и КПД передачи.

В трансмиссии из  $n$  последовательно соединенных передач:

$$\begin{cases} i = i_1 \cdot i_2 \dots i_n; \\ \eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \dots \eta_n. \end{cases} \quad (9)$$

По конструктивному исполнению механические передачи различают:

- 1- фрикционные;
- 2- ременные;
- 3- зубчатые;
- 4- червячные;
- 5- цепные;
- 6- канатные передачи.

В 1 и 2 передачах – они относятся к передачам движения трением. За счет сил трения движение передается от ведущего к ведомому звену;

3, 4, 5 – зацеплением; 6 – особая группа (рассмотрим позже в разделе полиспаатов).

В ременных, цепных и канатных наличие гибких связей (ремней, цепей, канатов). Их называют передачи с гибкой связью.

Функциональные связи элементов механических передач представляют кинематическими схемами.

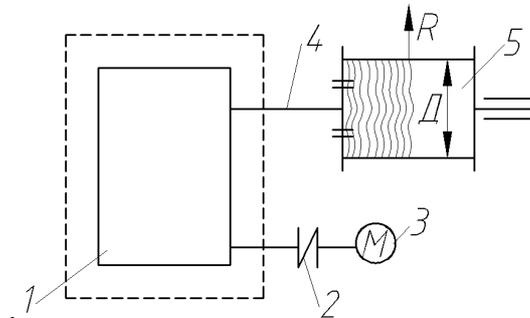


Рис.2.2. Кинематическая схема барабанной лебедки

1-редуктор; 2-соединительная муфта; 3-электродвигатель; 4-ведомый вал редуктора; 5-барабан.

Пример: R – усилие натяжения ветви каната; D – диаметр барабана по слою навивки каната; M – максимальный момент электродвигателя.

Передача (редуктор 1) на рисунке оконтурена пунктирной линией.

### Вопрос 3. Принципиальные схемы устройства и работы фрикционных, ременных, зубчатых, червячных, цепных передач

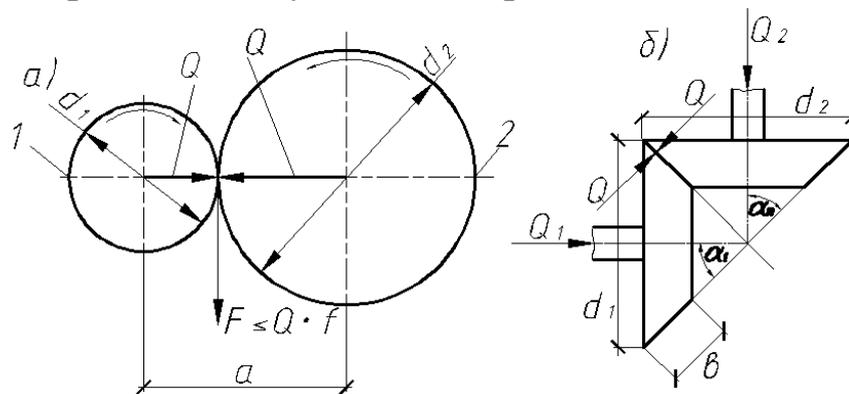


Рис.2.3. Схемы фрикционных передач:

Фрикционные передачи – у них ведущее и ведомое звенья – цилиндрические (рис. а) или конические катки (рис. б). Они жестко посажены на вращающиеся в подшипниках валы и прижаты друг к другу. 1-ведущие (входные); 2-ведомое (выходные) звенья передачи.  $F < F_{\text{пред}}$ .

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1 \cdot \varepsilon}; \quad (10)$$

$$F = 2T_1 \cdot \eta_1 / d_1; \quad (11)$$

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \varepsilon = (0,9 - 0,95); \quad (12)$$

$$F_{\text{пред}} = f \cdot Q. \quad (13)$$

- F – окружное усилие на ведущем катке;  
 $\eta_1$  - КПД подшипников;  
 $d_1$  – диаметр ведущего катка;  
 $T_1$  – крутящий момент на его валу;  
 $T_2$  – крутящий момент на ведомом;  
 $F_{\text{пред}}$  – предельное значение силы трения на контактирующих поверхностях;  
 $Q$  – нормальное усилие на контактной поверхности;  
 $\varepsilon$  – коэффициент упругого проскальзывания;  
 $f$  – коэффициент трения (0,04-0,05 – стали по стали, 0,1-0,15 – чугун со смазкой, 0,2-0,3 – стали или чугуна по текстолиту).

Передаточное отношение конической фрикционной передачи:

$$i = \frac{\sin \alpha_2}{\varepsilon \cdot \sin \alpha_1}. \quad (14)$$

Достоинства: проста, плавная, бесшумная работа.

Недостатки: нужны специальные прижимные устройства, износ, повышенные нагрузки.

Ременные передачи – состоят из двух закрепленных на валах шкивов и охватывающего их ремня, надетого с натяжением. Движение передается за счет сил трения в двух парах шкивов.

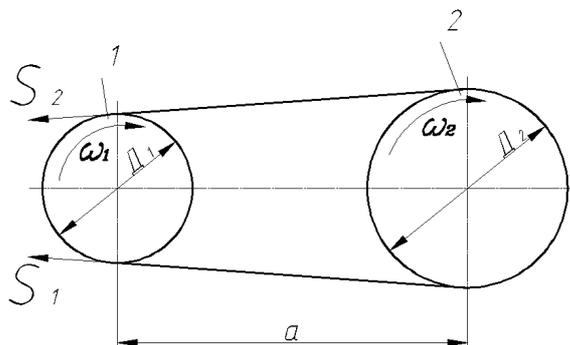


Рис.2.4. Схема усилий ременной передачи:

1-ведущий шкив; 2-ведомый шкив;  $S_1$ -большее усилие;  $S_2$ -меньшее усилие.

$$S_1 + S_2 = 2S_0; \quad (15)$$

Передаточное отношение:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = n_1 / n_2 \frac{D_2}{D_1 \cdot \varphi}; \quad (16)$$

Эти усилия связаны между собой формулой Эйлера:

$$S_1 / S_2 = e^{f \cdot \varphi}, \quad (17)$$

где  $S_0$  усилие натяжения ветви ремня в состоянии покоя;

$S_1$  усилие в набегающей на ведущий шкив ветви (большее);

$S_2$  усилие в сбегающей с него ветви (меньшее).

$D_1$  и  $D_2$  – диаметры ведущего и ведомого шкифов;

$n_1$  и  $n_2$  – частоты вращения;

$f$  – коэффициент между шкивом и ремнем;  
 $\varphi$  – угол обхвата меньшего шкива ремнем;  
 $S_0$  усилие натяжения ветви ремня в состоянии покоя;  
 $S_1$  усилие в набегающей на ведущий шкив ветви (большее);  
 $S_2$  усилие в сбегающей с него ветви (меньшее).

Применяют следующие типы ремней:

- 1 – плоские ( $i \leq 4$ );
- 2 – клиновые ( $i \leq 6-8$ );
- 3 – круглого сечения;
- 4 – зубчатые;
- 5 – поликлиновые ( $i=15, V=40-50$  м/с).

Скорость ремня до 30 м/с.

Оптимальное межосевое расстояние плоскоремненной передачи:

$$a_{\text{опт}} = 2(D_1 + D_2). \quad (18)$$

Для клиноремненных из этого диапазона:

$$\begin{cases} a_{\text{min}} = 0,55(D_1 + D_2) + h; \\ a_{\text{max}} = D_1 + D_2; \end{cases} \quad (19)$$

где  $h$  – высота ремня.

Достоинства – простота конструкции, плавность и безударность работы, возможность использования при значительных расстояниях между валами, бесшумные.

Недостатки – проскальзывание, большие габариты, малая долговечность, вытягивание.

Зубчатые передачи – состоят из двух посаженных на валы зубчатых колес (меньшее – шестерня, большее – колесо).

Типы передач:

1 – цилиндрические с параллельными валами (с прямыми - прямоугольные, косыми – косоугольные, шевронными, криволинейными зубьями);

2 – между пересекающимися валами – конические колеса с прямыми и круговыми зубьями;

3 – между перекрещивающимися осями – винтовые колеса.

Есть зубчато-реечная передача, передача внутреннего зацепления.

Достоинства:

- 1- наибольшее распространение;
- 2- малые габариты;
- 3- высокий КПД ( $\eta=0,97-0,99$ );
- 4- большая долговечность и надежность;
- 5- постоянство передаточного отношения ( $i$ ) (отсутствие проскальзывания);
- 6- возможность применения в широком диапазоне  $M, V$  и  $i$  (моментов, скоростей и передаточных отношений).

Недостатки:

- 1- шум в работе;
- 2- передача больших осевых усилий (нагрузок) на валы;
- 3- сложная технология изготовления (для шевронных).

Окружность, по которой размечают расстановку зубьев, называют делительной. Часть дуги ее ( $p$ ) между зубьями называют окружным шагом зубьев.

Часть диаметра делительной окружности зубчатого колеса, приходящуюся на один зуб, называют модулем зубчатого зацепления ( $m$ ).

$$m = \frac{P}{\pi} = \frac{d_{ш}}{z_{ш}} = \frac{d_{к}}{z_{к}}; \quad (20)$$

$$d_{ш} = m \cdot z_{ш}; \quad (21)$$

$$d_{к} = m \cdot z_{к}; \quad (22)$$

$d_{ш}$  – диаметр делительной окружности шестерни;

$d_{к}$  – диаметр делительной окружности колеса;

$z_{ш}$  и  $z_{к}$  – число зубьев соответственно;

$m$  – значения стандартизованы.

Шаг и модуль зубьев одинаковы для обоих колес. Модуль и число зубьев одинаковы для обоих колес. Модуль и число зубьев – важнейшие параметры зубчатого зацепления. Число зубьев шестерни ограничено нижним пределом  $z_{ш}=17$ . При меньших значениях  $z_{ш}$  толщина зуба у его основания оказывается меньше, чем на других уровнях (снижается изгибная, жесткость).

Окружность выступов – по головкам зубьев колеса.

Окружность впадин – описанная по впадинам зубьев.

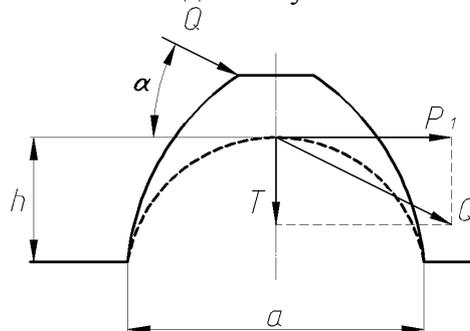


Рис.2.5. Усилия, действующие на зуб:

$$P \leq [\sigma_{изг}]; \quad (23)$$

$$P = \frac{2M}{d}; \quad (24)$$

$$[\sigma_{изг}] \geq \frac{P_1 \cdot h}{b \cdot a^2} \cdot y; \quad (25)$$

где  $Q$ -усилие, приложенное к вершине зуба;  $P_1$ -изгибающее усилие;  $T$ -сжимающее усилие;  $P$ -окружное усилие;  $y = \frac{y^2}{6\beta}$  -характеристика формы зуба;  $d$  – диаметр начальной окружности колеса;  $b$  – ширина зуба;  $P > P_1$  – обеспечивает запас прочности;  $h$ -высота зуба;  $a$ -длина зуба.

Выразим  $h$  и  $a$  через модуль  $m$ :  $h = \beta \cdot m$  и  $a = \gamma \cdot m$ .

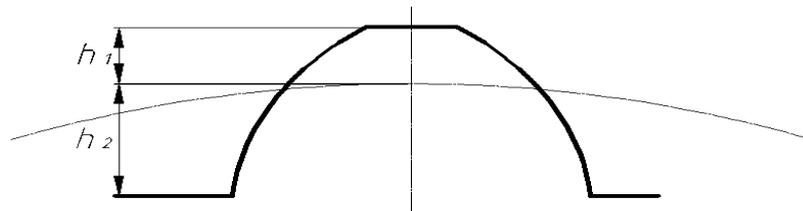
Проверочный расчет прочности зуба:

$$\frac{2M}{d} \leq y[\sigma_{изг}]; \quad (26)$$

Зуб делится начальной окружностью на 2 части:

$h_1 = m$  – высота головки зуба;

$h_2 = 1,25m$  – высота ножки зуба.



Червячные передачи – это перекрывающиеся валы под прямым углом. Состоит из винта 1 (червяка) и червячного колеса (2) с зубьями на своем ободе. Ведущее звено – червяк.

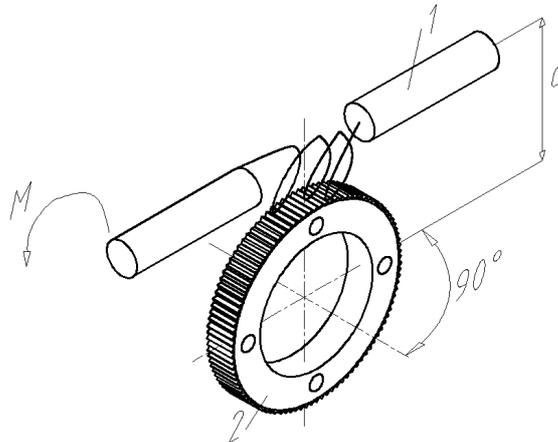


Рис.2.7. Червячная передача:

1-винт червяк; 2-червячное колесо.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (27)$$

где  $z_1^0$  и  $z_2^0$ -число заходов соответствующего червяка и колеса.

Достоинства: бесшумность и плавность работы; большие передаточные отношения  $i=80-100$  при малых размерах; высокая точность перемещений, обеспечение возможности самоторможения.

Недостатки: низкий КПД; небольшие передаваемые мощности (до 70 кВт); повышенный износ; применение дорогих бронзовых зубьев для снижения трения.

Цепные передачи – для передачи вращательного движения между двумя параллельными валами при значительном расстоянии между ними. Состоит из двух звездочек 1 и 3 и охватывающей их цепи 2.

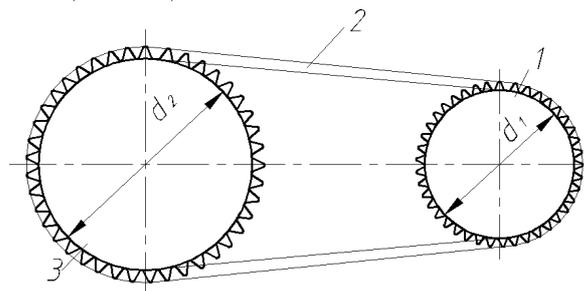


Рис.2.8. Схема цепной передачи

Приводные цепи бывают двух видов:

1- втулочно-роликовые ( $V=$ до 20 м/с);

2- зубчатые ( $V=25$  м/с) – меньше вибрации и шума - бесшумные.

Основные параметры: 1 – шаг  $t$  (мм); 2 – разрушающая нагрузка.

Диаметр делительной окружности звездочки ( $D$ ) связан с числом ее зубьев  $z$  и шагом цепи  $t$  зависимостью:

$$D = \frac{t}{\sin \pi/z}; \quad (28)$$

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_1}{z_2}. \quad (29)$$

Достоинства: компактны, малая нагрузка на валы, высокий КПД.

Недостатки: вытягивание цепей, чувствительность к перекосам, непостоянство  $i$ , тщательный уход.

Применяют для машин мощностью до 100 кВт. При больших – резко возрастает стоимость передачи.

Оси и валы – вращающиеся элементы передач устанавливают на валах и осях.

Ось – стержень для поддержки одного или нескольких вращающихся звеньев передачи.

Вал – стержень, предназначенный для поддержки деталей и передачи крутящего момента  $M_{кр}$ .

Оси:

1- подвижные (вращающиеся вместе с деталями на них);

2- неподвижные (закреплены в корпусе – станине – изделия).

Детали соединяют шпонками, шлицами (на первых) и на подшипниках (на вторых).

Валы – 1) прямые (на стоймаш.); 2) коленчатые (ДВС, компрессоры, щековые дробилки); 3) гибкие (вибраторы ручных механизмов).

$$M_{изг.} = \rho \frac{a \cdot b}{l}. \quad (30)$$

Условие прочности вала:

$$M_{кр.} \leq W_{\rho} [\tau]_{кр.} \quad (31)$$

Опорные участки вала или оси называют ЦАПФАМИ. Различают концевые (шипы 1 и пяты 3) и промежуточные (шейки 2) цапфы.

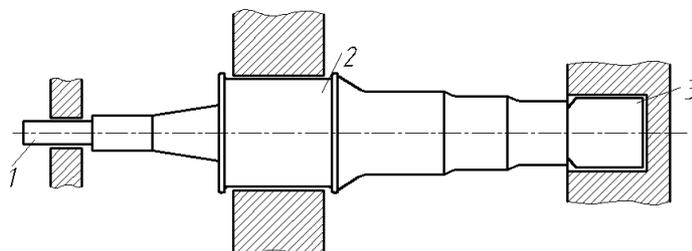


Рис.2.9. Цапфы валов и осей

Для соединения валов используют приводные (нерасцепные) и сцепные муфты.

Приводные – жесткие (втулочные, продольно-свертные, фланцевые), компенсирующие (зубчатые, цепные, шарнирные), упругие (1 – втулочно-пальцевые, 2 – с резино-кордовой оболочкой – торообразной).

Сцепные – управляемые и самоуправляемые, включаются и выключаются автоматически (центробежные и предохранительные, свободного хода, обгонные муфты, храповые механизмы):

1- фрикционные (различают дисковые, конические, пневмокамерные муфты);

2- кулачковые;

3- зубчатые.

Опорами для валов и осей служат подшипники. Они воспринимают и передают на корпус (раму) машины радиальные и осевые нагрузки. Разновидностью подшипников являются подпятники (односторонние и двухсторонние). Устанавливаются на пятах валов и осей для передачи лишь осевых нагрузок.

По способу передачи нагрузок различают подшипники:

1- скольжения (П.С.);

2- качения (П.К.).

Чугун, стальное литье; баббиты – сплавы олова и свинца, бронза – сплавы разные, текстолиты, пластики.

Основной элемент П.С. – корпус и вкладыш из антифрикционного материала (цельные и разъемные).

П.К. – состоят из наружного и внутреннего колец, тел качения (шариков или роликов), сепаратора. Различают: 1) шариковые; 2) роликовые подшипники (игольчатые).

По направлению воспринимаемой нагрузки П.К.:

- 1) радиальные;
- 2) радиально-упорные;
- 3) упорные.

По нагрузочной способности подшипники бывают следующих серий:

- 1) сверхлегкая;
- 2) особо легкая;
- 3) легкая;
- 4) легкая широкая;
- 5) средняя;
- 6) средняя широкая;
- 7) тяжелая.

При постоянном  $d_{\text{внут}}$  габариты подшипников растут.

ПК основной вид опор в машинах. По сравнению с ПС более высокий КПД, меньше нагреваются, малый уход, меньше смазки (расход), высокая Н.С. на единицу ширины. Недостаток – большие диаметральные габариты.

Тормоза – для уменьшения скорости, остановки в виде стопорных устройств. Выполняют в виде: колодочные, дисковые, ленточные, конические (редко).

Колодочный тормоз состоит: станины, 2х шарнирно на ней стоек, колодок (футерованы фрикционной лентой), тяги с хомутом, размыкающего устройства.

Ленточный тормоз – шкив огибает стальная лента с фрикционной накладкой, станина, тяга, тормозной рычаг с педалью. Электромагнитный привод, гидравлические и пневматические толкатели.

Дисковый тормоз – несколько дисков с фрикционными накладками (вращаются вместе с валом), диски с перемещением, пружина, регулировочный винт, корпус, кожух, система рычагов, толкатели.

Редукторы – в качестве отдельных узлов механических передач в строймашинах, смонтированные в едином корпусе закрытые передачи для понижения угловой скорости ведомого вала по сравнению с ведущим валом. Их еще называют ускорители или мультипликаторы. По типу передач различают редукторы:

- 1) с цилиндрическими;
- 2) коническими;
- 3) смешанными;
- 4) зубчатыми парами;
- 5) червячными передачами.

Одно- и многоступенчатые. Специализированные и универсальные. Характеристики:

- 1 – мощность;
- 2 – число оборотов;
- 3 – передаточное число;
- 4 – межосевое расстояние и др. учитывающие режимы нагружения.

Большее применение сейчас находят редукторы с планетарными передачами (соосные многопоточные – два центральных колеса, три сателлита, ось водило), с малыми габаритами и массой, с высоким КПД по сравнению с другими типами зубчатых редукторов.

# Раздел IV. Системы управления. Технические средства автоматики и основы автоматического регулирования

## Системы управления строительных машин

### Классификация, особенности работы и устройства систем управления (СУ)

Управление машиной заключается в контроле за фактическим состоянием объекта управления (двигателя, рабочих оборудования или органа, тормозов, ходовых устройств), формировании управляющих воздействий и в их реализации.

Системы управления классифицируют:

- I. По назначению:
  - 1) управление тормозами;
  - 2) муфтами;
  - 3) двигателями;
  - 4) положением рабочего органа;
  - 5) движителями.
- II. По способу передачи энергии:
  - 1) механические (рычажные);
  - 2) электрические;
  - 3) гидравлические;
  - 4) пневматические;
  - 5) комбинированные.
- III. По степени автоматизации:
  - 1) неавтоматизированные;
  - 2) полуавтоматизированные;
  - 3) автоматические.

Неавтоматизированные системы иначе называют эрготическими.

Система управления строительными машинами состоит из:

- 1 – пульты управления с приборами на нем;
- 2 – рукоятей;
- 3 – педалей;
- 4 – кнопок;
- 5 – системы передач в виде рычагов, тяг, золотников, трубопроводов;
- 6 – дополнительных устройств для контроля двигателя, механизмов привода, рабочего привода.

Пульты управления размещают в специальных кабинах. СУ существенно влияет на производительность машины и на утомляемость оператора.

1. В рычажно-механических СУ усилие  $P$  от ноги на педаль А увеличивается рычажной системой  $l_1-l_6$  в усилие  $P_1$  на конце ленты Б тормоза.

Передаточное отношение:

$$i_y = \frac{l_1 l_2 l_5}{l_2 l_4 l_6} = \frac{S_n}{n}, \quad (1)$$

где  $S_n$  – ход педали А;

$n$  – ход конца ленты Б.

Усилие на конце ленты:

$$P_1 = i_y \cdot P. \quad (2)$$

Простейшая эрготическая СУ прямого действия (см.рис). При повороте рулевого колеса 1 приводимый червяком 2 зубчатый сектор 3 с рычагом 5, поворачиваясь относительно шарнира 4, через тягу 6 и поворотные цапфы 7 поворачивает колеса 8. Эта схема надежна, но требует дополнительной энергии, машинист быстро адаптируется к процессу управления, но используется только в легких машинах.

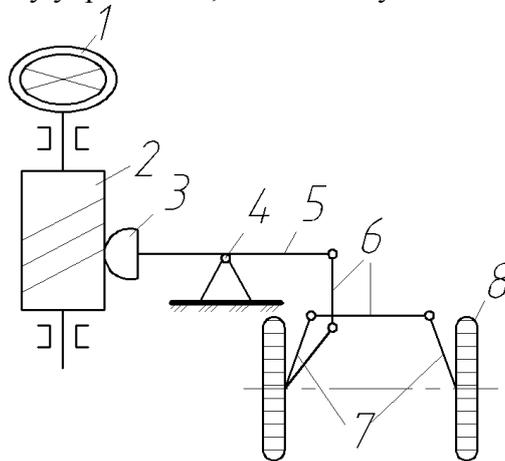


Рис.3.1. Рычажно-механическая СУ ходовыми колесами мобильной машины

2. В рычажно-гидравлической СУ усилие от ноги на педали управления 7 через гидравлический цилиндр 5 по трубопроводу 4 передается в рабочий цилиндр 3, поршень которого через рычаг 9 воздействует на сберегающий конец тормозной ленты 1. Пружины 2 и 8 служат для возврата СУ в исходное положение после снятия ноги с педали управления.

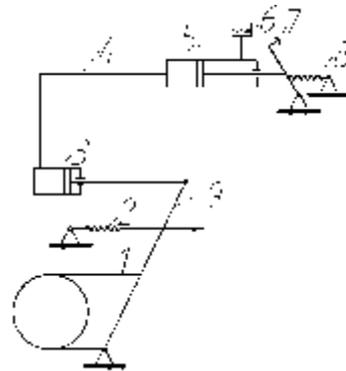


Рис.3.2. Рычажно-гидравлическая СУ

Передаточное отношение в этом случае

$$i_y = i_p i_r, \quad (3)$$

где  $i_p$ ,  $i_r$  – передаточные отношения рычажной и гидравлической систем.

$$i_r = \frac{d_1^2}{d_2^2}, \quad (4)$$

где  $d_1$ ,  $d_2$  – соответственно диаметры цилиндров управления 3 и 5.

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 существенных динамических нагрузок в элементах конструкции. Этот недостаток легко устраняется в пневматических системах управления, широко применяемых в строительных машинах.

3. В пневматических СУ компрессор 2 приводится в движение от двигателя 1.

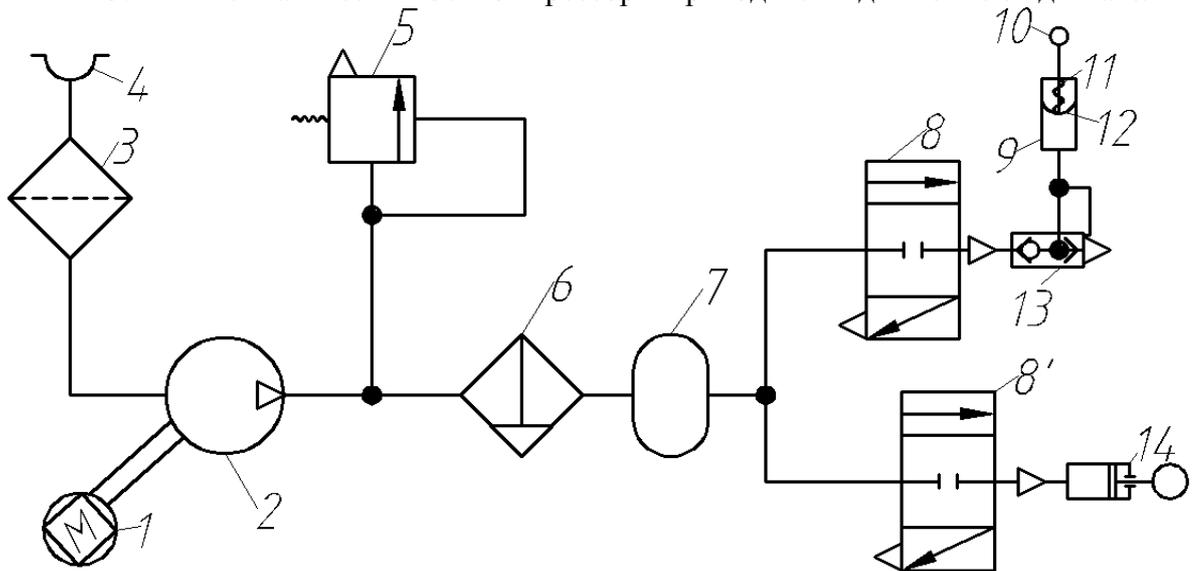


Рис.3.3. Пневматическая СУ

Воздух компрессором всасывается через воздухозаборник 4 и фильтр 3 и через влагомаслоотделитель 6 нагнетается в аккумулирующую емкость – ресивер 7. При включении пневматических золотников 8 и 8' воздух поступает в пневмокамеру муфты или тормоза 9 или в пневмоцилиндр. В пневмокамерах тормозов в отличие от цилиндров функцию поршня выполняет резиновая диафрагма 12, соединенная со штоком 10 и удерживаемая в нормальном положении пружиной 11. Быстрому возвращению диафрагмы пневмокамеры и штока в исходное положение при выключении кроме пружины способствует клапан быстрого оттормаживания 13, выбрасывающий воздух в непосредственной близости от диафрагмы. Предохранительный клапан 5 в системе настраивается на давление, превышающее номинальное на 5-7 %. К недостаткам системы пневматического управления относятся: необходимость тщательной очистки воздуха от механических примесей, масла и влаги; несвоевременное удаление конденсата из системы может приводить к ее замерзанию в холодное время.

4. В системах автоматизированного управления рабочими органами, а также при рулевом управлении пневмоколесных машин применяются следящие системы пневмопривода. Следящей называют такую гидравлическую систему, которая имеет обратную связь и в которой происходит усиление мощности.

На рис 3.4. представлена схема рулевого управления следящего действия. Принцип действия этой системы состоит в следующем. При повороте рулевого колеса 3, например, вправо, поршень гидроцилиндра рулевой колонки 4 перемещается влево, навинчиваясь по нарезке вала руля. При этом он вытесняет часть жидкости из левой полости в сервоцилиндр 7. Под действием давления жидкости поршень сервоцилиндра влево и сдвинет следящий золотник 8 из нейтрального положения II в положение III. При этом жидкость от насоса 2 поступит к двойному управляемому обратному клапану 9, откроет его и переместит поршень рабочего цилиндра 10. Из полости рабочего цилиндра 12 жидкость через клапан 9 и золотник 8 поступит в сливную линию. При этом будет осуществлен поворот колес машин на определенный угол.

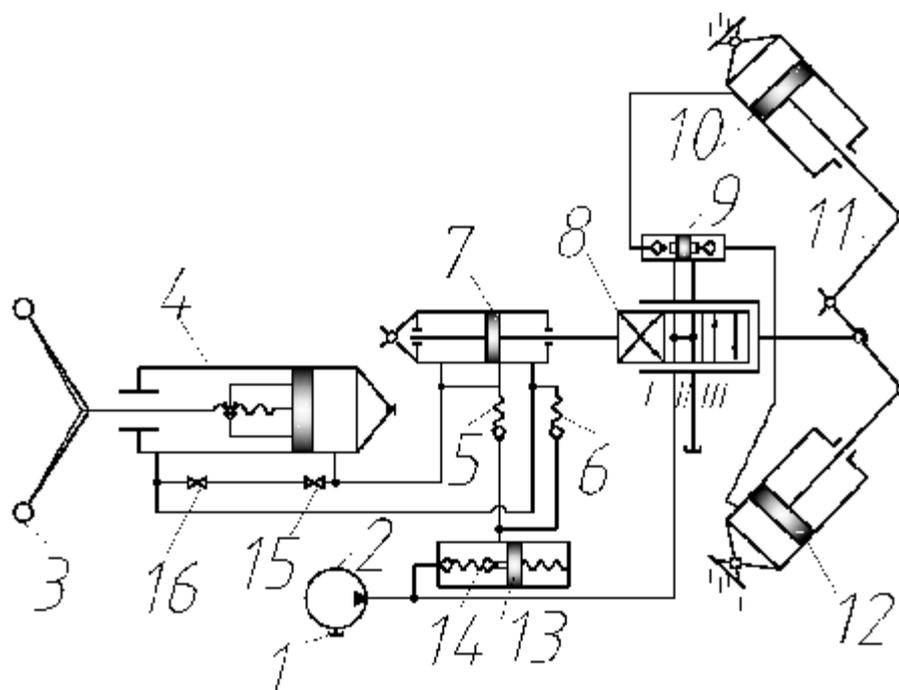


Рис.3.4. Схема рулевого управления следящего действия

При остановке золотника поршень будет перемещать траверсу 11, а последняя через жесткую обратную связь – корпус следящего золотника влево до восстановления положения II. При этом подача жидкости к цилиндру 10 и, следовательно, поворот колес прекратятся. Для дальнейшего поворота колес или восстановления первоначального положения колес рулевое колесо управления поворачивается в соответствующую сторону на определенный угол. Таким образом, поворот колес осуществляется по методу слежения за поворотом рулевого колеса. Пружинный аккумулятор 13 с зарядными клапанами 14 и обратными клапанами 5 и 6 служит для пополнения системы управления маслом в случае его утечки через уплотнения, клапаны 15 и 16 – для регулирования системы.

Применение гидравлической и пневматической систем дает возможность дистанционного управления и автоматизации работы машины с использованием электроники и микропроцессорной техники. Наиболее целесообразны в этих целях комбинация различных систем управления – электрогидравлических и электропневматических.

Широкие возможности автоматизации имеют электрические системы управления, которые применяются на машинах с дизель-электрическим и электрическим приводами. Строительные машины с применением бортовых мини-ЭВМ позволяют автоматически оптимизировать рабочие процессы и тем самым существенно поднять их производительность и облегчить работу оператора по управлению машиной.

Для улучшения условий труда машинистов в современных строительных машинах выполняется целый ряд эргономических требований к управлению и рабочему месту.

## Технические средства автоматизации и основы автоматического регулирования

### 1. Общие сведения о системах автоматизации.

Автоматизация строительных машин – это применение технических средств и систем управления, освобождающих человека-оператора от участия в процессах управления работой машины.

Управление любым техническим объектом (машиной, ее частью, комплектом машин, технологическим процессом) состоит из контроля ее фактического состояния и регулирования. В системе автоматического управления (САУ) все процессы выполняются без участия человека по специальным программам.

Автоматический контроль – автоматическое получение информации о состоянии объекта, характере протекания процессов, о наступлении предельных значений их.

Автоматическое регулирование - поддержание постоянства или изменение по требованию некоторой физической величины, характеризующей управляемый процесс (САР).

1) По характеру алгоритма управления (набору правил, по которым изменяется управляющее воздействие) различают системы управления:

1 – по разомкнутому циклу (без обратной связи);

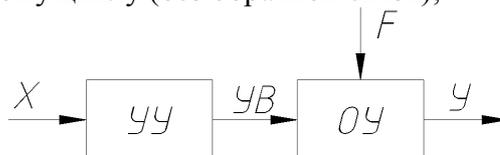


Рис.3.5. СУ без обратной связи: X-задающее воздействие от программного устройства; УУ-управляющее устройство; УВ-управляющее воздействие; ОУ-объект управления; F-внешние возмущения(помехи); У-выходные параметры.

2 – по замкнутому циклу (с обратной связью);

3 – комбинированные.

2) По назначению различают системы:

1 – автоматической стабилизации;

2 – программного управления;

3 – следящие;

4 – самонастраивающиеся.

## 2. Датчики контроля и регулирования.

Датчиком (измерительным преобразователем) называют средство измерения, преобразующее измеряемую величину в сигнал для передачи, обработки или регистрации. Он преобразует давление, перемещение и т.п. в электрическую величину на основе пропорциональной связи собственных единиц измерения. Параметр состояния, воспринимаемый чувствительным элементом датчика, называют входной величиной датчика, а сигнал последнего преобразующего элемента – выходной величиной.

По входному сигналу различают датчики температуры, перемещения (скорости), давления и др. По выходному – неэлектрические и электрические ( параметрические и генераторные). Отношение приращений выходного и входного сигналов называют чувствительностью датчика:

$$K = \Delta y / \Delta x \quad (5)$$

Порог чувствительности – минимальное значение входного сигнала.

Предел преобразования – максимальное значение входного сигнала, воспринимаемое датчиком без искажения и повреждения.

Разница между пределом и порогом – составляет динамический диапазон измерения. Данные с датчиков используют как информационные (о техн. состоянии узлов и агрегатов машины) и для автоматического регулирования контролируемых процессов.

Устройства, служащие для получения информации о положении элементов машин путем преобразования линейных или угловых перемещений в электрические или другие величины, называют датчиками перемещения или положения. Бывают контактными или бесконтактными.

Это: концевые или путевые выключатели, рычажные, шпindelные, микропереключатели. Датчики углового положения (поплавковые, маятниковые, реостатные).

Бесконтактные датчики: индукционные, емкостные, магнитные, полупроводниковые, фотоэлементы, гамма-электронные реле, дискретные датчики-щупы.

Группу датчиков силового воздействия составляют датчики давления жидкостей и газов, деформации твердых тел и колебаний, тензометрические, пьезоэлектрические.

Датчики расхода и уровня (воспринимающий элемент – скоростной, объемный, переменного и постоянного перепадов). Датчики угловой скорости (тахометры). Анемометры – измерение скорости ветра. Десселерометры – измерение линейных ускорений.

### 3. Усилительные и переключающие устройства.

Обычно мощности выходного сигнала недостаточно. Для ее увеличения применяют усилительные элементы, использующие энергию вспомогательного источника. Различают усилители электрические, магнитные, гидравлические, пневматические. По принципу действия: 1 – аналогового (реле: 1-быстродействующие (10 м/с); 2-нормальные (30-50 м/с); 3-замедленные); 2 – дискретного (релейного) действия.

Герметизированные магнитоуправляемые контакты – герконы (широко распространены в последнее время):

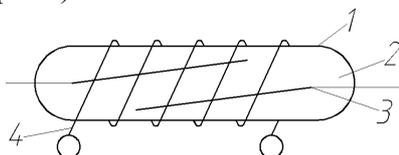


Рис.3.6. Схема Геркона: 1-стеклянная запаянная ампула; 2-инертный газ (азот, аргон, водород, их смесь); 3-две тонкие пермалоевые пластины с токоотводами, концы их, контактируемые при замыкании, покрыты защитным слоем золота, радия или палладия); 4-работой геркона управляют электромагниты.

1 – нейтральные (постоянного тока) реле;

2 – реле переменного тока;

3 – поляризованное реле постоянного и переменного тока.

Достоинства: просты по устройству и управлению, надежны, не требуют регулировки, широкий диапазон температур (от – 100 до +200), вибро и удароустойчивы.

Недостатки: небольшая сила управляемых токов ( в десятки миллиампер) ( баллон длиной 50 мм сила тока  $\max \leq 1$  А). Есть до 5 Ампер.

Основные части ламповых усилителей – триоды, тетроды и пентоды.

(3х, 4х и 5ти электродные лампы: анод, катод, сетка; две или три сетки).

### 4. Счетно-решающие устройства.

В системах автоматики используют счетчики импульсов (1), логические элементы (2), микропроцессоры (3).

(1) – устройства для отсчета и запоминания количества поступивших электрических импульсов за некоторый промежуток времени. Для оценки частоты вращения (частотомеры).

(2) – для решения сложных задач оптимального поиска – реле времени электромеханического, пневматического и электронного типов.

(3) – для обработки цифровой информации – программно-управляемые устройства на основе больших микроэлектронных интегральных схем (БИС).

Кристалл – размер несколько мм<sup>2</sup> – в нем десятки тысяч полупроводниковых элементов; соединены между собой внутренними связями.

Микропроцессоры – одно из наиболее перспективных направлений совершенствования управления работой строймашин на ближайшее будущее.

Микропроцессорная система моделирует реальный процесс функционирования машины и на основе прогноза ее состояния формирует набор машинных команд.

## Раздел V. Ходовое оборудование строймашин

### Назначение, структура, виды, основные характеристики ходового оборудования (ХО)

ХО – предназначено для передачи нагрузок на опорное основание и для передвижения машин. Оно бывает активное (самоходные) и пассивное (на буксире за тягачом).

ХО состоит из движителя, подвески, опорной рамы или осей, механизма передвижения.

По типу движителя ХО подразделяют на:

- 1 – гусеничное;
- 2 – шинноколесное (пневмоколесное);
- 3 – рельсоколесное;
- 4 – специальное (шагающее, вездеходное и др.).

1 – применяют для передвижения по бездорожью. Это машины малой мощности массой 1-2 т и мощные с массой в сотни и тысячи тонн. Воспринимают значительные нагрузки при сравнительно низком давлении на грунт, большие тяговые усилия и хорошую маневренность.

Недостатки – значительная масса, материалоемкость, недолговечность, высокая стоимость ремонтов, низкие КПД и скорость движения. Передвигаются своим ходом только в пределах стройплощадок. Для их перевозки используют тягачи со специальными прицепами – трейлерами.

2 – для машин, где транспортная операция – главная (самоходные скреперы до 3 км), где часто меняются рабочие площадки, отстоящие одна от другой на значительных расстояниях. Особенность – повышенные транспортные скорости, большая мобильность, долговечность и ремонтпригодность по сравнению с гусеничным ХО.

3 – оборудуют машины, работающие в ограниченной зоне с идентичными транспортными траекториями (башенные краны, карьерные экскаваторы). Простота конструкции, невысокая стоимость, достаточная долговечность и надежность.

Недостатки: малая маневренность, сложность перебазировки, дополнительные затраты на устройство и эксплуатацию рельсовых путей.

4 – имеет несколько конструктивных решений. Выпускают с механическим и гидравлическим приводом. Шагающий ход обеспечивает низкие удельные давления на грунт и высокую маневренность.

Недостаток: малые скорости передвижения (до 0,5 км/ч). Для мощных экскаваторов драглайнов.

Основные технико-эксплуатационные показатели ХО:

1 – скорость передвижения, проходимость – способность передвигаться в различных эксплуатационных условиях (рыхлым и переувлажненным грунтам).

2 – маневренность – способность изменять направление движения в стесненных условиях.

Давление на грунт – от 0,03 до 0,7 МПа. Тяговые усилия – 45-60% от массы машины. Обеспечение машиной необходимых величин давления на грунт, тягового усилия и клиренса (расстояние от поверхности дороги до наиболее низкой точки ХО) характеризует ее проходимость. Проходимость определяется глубиной колеи  $h$  (м), которая увеличивается с ростом давления  $p$  на контактную поверхность между опорной частью ХО и грунтом.

$$h = p/c, \quad (6)$$

где  $c$  – коэффициент постели.

$c=0,1-0,5$  МПа/м – свеженасыпной песок, мокрая размягченная глина;

$c=20-100$  МПа/м – мягкие скальные грунты, известняки, песчаники, мерзлота.

Маневренность характеризуется радиусом разворота  $R$  и шириной дорожного коридора  $B_{д.к.}$ .

Гусеничное ходовое оборудование.

В строительных машинах применяют двухгусеничные движители, каждая гусеница состоит из ходовой рамы, замкнутой гусеничной ленты, огибающей ведущее и направляющее колеса, опорных и поддерживающих катков. Различают гусеницы гребневого и цевочного зацеплений.

Цевочное обладает лучшим сцеплением с грунтом, двигается при помощи отдельных башмаков, но имеет большую массу.

Оси опорных катков закрепляют на ходовой раме непосредственно (жесткие) или через балансиры с пружинами (мягкие).

В зимних условиях – на гладкие звенья гусеничной ленты устанавливают шипы или шпоры. На заболоченных грунтах – резинометаллические гусеницы с развитой опорной поверхностью.

Шинноколесное (пневмоколесное) ХО.

Такой движитель легче гусеничного, имеет большой ресурс работы (до 30 тыс. км пробега, в 20 раз выше ресурс). Большие скорости (60 км/ч и больше). Долговечнее, ремонтпригоднее, более высокий КПД.

Недостатки: большое удельное давление на грунт и меньшая сила тяги. Оно состоит из колес с пневматическими шинами, надеваемых на мосты.

Шины бывают камерными (1) и бескамерными (2).

(1) – состоят из покрышки, камеры, ободной ленты и вентиля для накачивания воздуха в камеру;

(2) – покрышки, герметично прилегающие к ободьям. Из резины, армированной тканевым и металлическим кордом.

Утолщенная периферийная часть покрышки (протектор) имеет рифления определенной формы, называемые рисунком протектора.

Различают шины: 1–обычного профиля; 2–для каменных карьеров; 3–противобуксующие; 4–универсальные; 5–широкопрофильные; 6–арочные.

Давление воздуха в шинах регулируется на ходу из кабины машиниста (повышенная проходимость, снижает сопротивление передвижению и износ шин). Давление снижают при движении по рыхлому или влажному грунту, повышают – по дорогам с твердым покрытием.

В этом движителе различают приводные и управляемые колеса.

ХО может быть двухосным с одной или двумя ведущими осями, трехосным с двумя или тремя ведущими осями, четырехосным и т.д. Эту структуру обозначают колесной формулой вида  $A \times B$  ( $A$  – общее число колес,  $B$  – число приводных колес,  $4 \times 2$ ,  $4 \times 4$ ).

Маркируются шины обычного профиля двумя цифрами через тире (например, шина 320...508 мм или 12.00-20"). Первое число – ширина профиля шины, второе – внутренний (посадочный на обод) диаметр шины в миллиметрах или дюймах.

Для шин широкого профиля: (1500×660×635 мм) – 1 число – наружный диаметр, 2 – ширина профиля, 3 – посадочный диаметр обода.

Ведущие колеса приводятся в движение попарно через дифференциалы в механических и гидромеханических трансмиссиях.

Дифференциал обладает 2мя свойствами: он распределяет крутящий момент между приводимыми им полуосями поровну, а сумма скоростей двух полуосей всегда пропорциональна скорости ведущего вала.

Новинки – индивидуальный привод для каждого колеса от собственного гидро- или электромотора, называемый приводом с мотор-колесами. Это упрощает компоновку

машины, улучшает ее маневренность и проходимость, позволяет регулировать скорости от нескольких м/час (рабочие движения) до десятков км/час (транспортные режимы).

Рельсоколесное ХО.

Оно отличается простотой устройства невысокой стоимостью, достаточной долговечностью и надежностью. Это тележка, оборудованная 2 осями с металлическими одно- или двухребордными колесами. Используют энергию внешней электросети.

Недостатки: сложность перебазирования, дополнительные затраты на устройство и эксплуатацию рельсовых путей (устройство и принцип работы рассмотрим позже в башенных кранах). Это ХО применяют для башенных и ж/д кранов, цепных и роторно-стреловых экскаваторов, экскаваторов-профилировщиков.

## **Тяговые расчеты строительных машин. Понятие о сцепной массе. Коэффициент сцепления движителя с дорогой. Общая характеристика сопротивлений передвижения машины.**

### **Уравнение движения**

Здесь решается задача определения сопротивлений передвижению машины и ее тяговых возможностей.

Сопротивление передвижению  $W$  выразим следующим уравнением:

$$W = W_{рр} + W_{пер} + W_{пов} \pm W_y \pm W_n + W_{в}, \quad (6)$$

где 1 – сопротивление на рабочем органе машины;

2 – сопротивление передвижению движителей по горизонтальному пути;

3 – сопротивление повороту машины;

4 – сопротивление движению на уклоне местности;

5 – сопротивление инерции при разгоне и торможении;

6 – сопротивление ветрового давления.

В этом уравнении сохраняются только те сопротивления, которые имеют место в конкретном транспортном режиме работы машины.

1.  $W_{рр}$  – зависит от назначения и типа машины, характера выполняемых работ, конструкции рабочего органа и др. факторов. Его расчет ведут для конкретных типов технологических машин.

$$2. \quad W_{пер} \approx f \cdot G$$

$f$  – коэффициент сопротивления передвижению движителя;

$G$  – вертикальная составляющая внешней нагрузки на движители.

$W_{пов}$  не учитывают для колесных машин по твердому основанию.

3. Для колесных машин:

езда по рыхлому грунту:

$$W_{пов} = (0,25 \dots 0,5) W_{пер}$$

Для гусеничных машин:

езда по вязкому рыхлому грунту

$$W_{пов} = (0,4 \dots 0,7) W_{пер}$$

езда по твердому грунту

$$W_{пов} = (0,3 \dots 0,5) W_{пер}$$

С уменьшением  $R_{пов} \rightarrow W_{пов}$  возрастает.

$$4. \quad W_y = \pm mg \cdot \sin \alpha$$

$m$  – масса машины;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$\alpha$  – угол подъема пути машины.

+ на подъем, — под уклон.

$$5. W_{\text{н}} = \pm mV/t_{\text{p(т)}}$$

$V$  – скорость в конце разгона или начале торможения (м/с);

$t_{\text{p(т)}}$  – продолжительность разгона (торможения).

+при разгоне, — при торможении.

$$6. W_{\text{в}} = S \cdot q_{\text{в}}$$

$S$  – площадь, воспринимающая давление ветра ( $\text{м}^2$ );

$q_{\text{в}}$  – распределенная ветровая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  поверхности (Па) (от географической зоны работы машины).

Коэффициенты сопротивления передвижению  $f$  и коэффициенты сцепления  $\varphi$ .

Таблица 3.1.

Вид опорной поверхности	Шинноколесный движитель				Гусеничный движитель	
	Шины высокого давления		Шины низкого давления			
	$f$	$\varphi$	$f$	$\varphi$	$f$	$\varphi$
1	2	3	4	5	6	7
Асфальт сухой	0,015 ...0,02	0,7 ...0,8	0,02	0,7 -0,8	—	—
Грунтовая дорога: - сухая укатанная	0,02 ...0,06	0,6 ...0,7	0,02 5...0,0 35	0,4 ...0,6	0,06...0, 07	0,8...1,0
- грязная влажная	0,13 ...0,25	0,1 ...0,3	0,15 ...0,2	0,1 5...0, 25	0,12...0, 15	0,5...0,6
Грунт: - рыхлый свежеотсыпанный	0,2... 0,3	0,3 ...0,4	0,1 ...0,2	0,4 ...0,6	0,07...0, 1	0,6...0,7
- слежавшийся уплотненный	0,1... 0,2	0,4 ...0,6	0,1 ...0,15	0,5 ...0,7	0,08	0,8...1,0
Песок: - влажный	0,1... 0,4	0,3 ...0,6	0,06 ...0,15	0,4 ...0,5	0,05...0, 1	0,6...0,7
- сухой	0,4... 0,5	0,25 ...0,3	0,2 ...0,3	0,2 ...0,4	0,15...0, 2	0,4...0,5
Снег: - рыхлый	0,4... 0,5	0,15 ...0,2	0,1 ...0,3	0,2 ...0,4	0,1...0,2 5	0,25...0, 35
- укатанный	0,05 ...0,1	0,25 ...0,3	0,03 ...0,05	0,3 ...0,5	0,04...0, 06	0,4...0,6
Болото	—	—	0,25	0,1	0,3	0,15
Бетон	0,015 ...0,02	0,7 ...0,8	0,02	0,7 ...0,8	0,06	0,5...0,6

Снег и болото – учитывают только для шинноколесных, для гусеничных машин пренебрегают.

Движение машины возможно, если выполняется условие (условие движения)  $T_{max} \geq W$  т.е максимальное тяговое усилие  $T_{max}$  должно быть не меньше суммарного сопротивления движению  $W$ . Усилие  $T_{max}$  ограничено двумя факторами:

1 – мощностью привода;

2 – условиями сцепления движителями с опорным основанием, с которыми оно связано следующими зависимостями:

$$T_{max}(P_x) = 1000P_x \cdot \eta_x / V \quad (7)$$

$$T_{max}(\varphi) = G \cdot \varphi, \quad (8)$$

где  $P_x$  – суммарная мощность двигателей (Вт);

$\eta_x$  – общий КПД;

$V$  – скорость передвижения (м/с);

$\varphi$  – коэффициент сцепления движителя с основанием.

Если условие не выполняется по  $T_{max}(P_x)$ :

1) не хватает мощности, машина не может двигаться;

Если условие не выполняется по  $T_{max}(\varphi)$ :

2) нет движения из-за буксования движителей (подкладывают материал с большим  $\varphi$ ).

## **Гидравлический, гидродинамический и пневматический приводы. Классификация, назначения, схемы, устройства, элементы, принципы работы, механические характеристики, область применения.**

Гидравлический привод включает:

1 – силовую установку (ДВС или электродвигатель);

2 – механические или другие передачи;

3 – гидropередачу;

4 – систему управления;

5 – вспомогательное устройство.

1 звено гидropередачи – насос, а последнее звено – рабочий орган (исполнительный механизм) машины.

Гидropередачей называется силовая часть гидropривода, преобразующая механическую энергию двигателя в энергию движения рабочей жидкости (минеральное масло на нефтяной основе) и обратно, в движение исполнительных механизмов машины.

В зависимости от способа передачи энергии рабочей жидкости различают:

1 – гидрoобъемный (гидростатический);

2 – гидродинамический приводы.

В гидropриводах применяют: 1–шестеренные; 2–пластинчатые; 3–аксиально-поршневые; 4–радиально-поршневые насосы.

1й состоит из: двух зубчатых колес в корпусе, одна полость его соединена с всасывающей, а вторая – с напорной гидролинией. В первой полости создается разрежение, а во второй – повышенное давление. Рабочая жидкость выталкивается в напорную линию.

2й: цилиндр с вращающимся ротором с пластинами. В корпусе окна в торцах соединены со всасывающей и напорной гидролиниями. Создающее давление выталкивает рабочую жидкость в напорную гидролинию.

3й: основные элементы: вращающийся в подшипниках ведущий вал и блок цилиндров. Поршни цилиндров совершают возвратно-поступательное движение. Увеличивается объем поршневой полости. В нее из масляного бака подсасывается жидкость. Остальное также.

4й: здесь при вращении вала с эксцентриком поршни двигаются радиально. Жидкость всасывается из бака через отверстия в корпусе и выталкивается поршнем в напорный трубопровод.

Основные параметры насосов и гидромолотов:

- 1 – рабочий объем;
- 2 – номинальное давление рабочей жидкости;
- 3 – частота вращения;
- 4 – подача (насосы) или расход (гидромоторы);
- 5 – мощность;
- 6 – вращающий момент (для гидромолотов);
- 7 – КПД.

1) Подача  $Q_H$  (л/мин) равна:

$$Q_H = 1000q_H \cdot n_H \cdot \eta_V, \quad (9)$$

где  $q_H$  – рабочий объем ( $m^3$ );

$n_H$  – частота вращения вала насоса (об/мин);

$\eta_V$  – объемный КПД насоса (учитывая утечки).

Отечественные гидромашины – номинальное давление от 16 до 32 МПа (максимальное давление от 20 до 35 МПа).

2) Теоретическая мощность  $P_H$  (кВт) на валу насоса:

$$P_H = Q_H \cdot \Delta p_H / 60 \eta_H. \quad (10)$$

3) Вращающий момент  $T_{GM}$  (кН·м) на валу гидромотора:

$$T_{GM} = q_{GM} \cdot \Delta p_{GM} / 2\pi \eta_{GM}. \quad (11)$$

где  $\Delta p_H$  – перепад давления между входом и выходом из насоса;

$\eta_H$  – полный КПД насоса (утечки, потери энергии на трение и напора);

$q_{GM}$  – рабочий объем гидромотора ( $m^3$ );

$\Delta p_{GM}$  – перепад давления;

$\eta_{GM}$  – полный КПД гидромотора.

Гидроцилиндр двухстороннего действия:

1 – корпус (гильза);

2 – поршень с резиновыми манжетами;

3 – шток;

4 – крышка с манжетами;

5 – грязесъемник;

6 – штуцеры для подвода и отвода рабочей жидкости;

7 – пресс-масленки.

Усилие на штоке гидроцилиндра при работе поршневой полостью:

$$P_{GC} = 250\pi [D^2 p_H - (D^2 - d^2) p_{ш}] \cdot \eta_{GC}, \quad (12)$$

где  $D$  и  $d$  – диаметры поршня и штока;

$\eta_{GC}$  – полный КПД цилиндра;

$p_H$  и  $p_{ш}$  – давление рабочей жидкости в полостях поршня и штока.

Гидроаппараты: гидрораспределители, гидроклапаны, гидрозамки, гидродроссели, предохранительные клапаны, обратные клапаны, редукционные клапаны, кондиционеры,

масляные баки, фильтры, теплообменники, гидролинии (всасывающие, напорные, сливные, дренажные, линии управления).

Гидродинамический привод – это водяная турбина, вращающаяся за счет кинетической энергии, падающей на ее лопатки воды. Это гидромолоты и гидротрансформаторы. Они нашли широкое применение в приводах землеройных, землеройно-транспортных машин, погрузчиков.

Пневматический привод. Отличие в энергии движения рабочего газа (атмосферный воздух сжат до 0,5-0,8 МПа). Это пневмомолоты, ручной инструмент, вибраторы.

Они надежны и просты в обслуживании, мало чувствительны к динамическим нагрузкам, переносят длительные перегрузки, удобны в управлении.

Недостатки: трудность точного регулирования, низкий КПД, повышенный шум.

Основные части: 1–компрессор; 2–воздухосборник (ресивер); 3–пневмодвигатели; 4–соединительные воздухопроводы; 5–регуляторы давления; 6–предохранительные клапаны; 7–воздушные фильтры; 8–маслоотделители.

По принципу действия компрессоры подразделяются на: 1–поршневые (массовые); 2–ротационные; 3–турбинные; 4–диафрагменные; 5–винтовые. Принцип действия: всасывание воздуха из атмосферы в рабочую камеру, его сжатие и нагнетание в воздухосборник движением вытеснителей (поршни, пластины, зубья шестерен, диафрагмы, винты).

## **Раздел VI. Транспортные, транспортирующие и погрузочно-разгрузочные работы**

### **Общая характеристика рабочего транспорта. Назначение, область применения, схемы устройства и принцип работы грузовых автомобилей, автопоездов, тракторов, пневмотягачей**

В строительстве для перемещения грузов используют наземный, водный и воздушный виды транспорта. Массовый (>90% всех перевозок) – наземный (автомобильный, тракторный, ж/д, с использованием транспортирующих средств).

Автомобильный – 80% перевозок. Расходы на него 12-15% смр. Автомобили, тракторы, тягачи, тяговые средства прицепных и полуприцепных строительных машин, в качестве базы для кранов, экскаваторов, бульдозеров, погрузчиков, бурильных установок, коммунальных и других машин – основные перевозки грузов в строительстве.

Тракторный транспорт – бездорожье, вывозка леса, освоение стройплощадок, где автомобильные дороги не экономично устраивать.

Прицепы и полуприцепы – несамоходные, перемещают их тягачом.

Транспортирующими называют технические средства непрерывного действия для перемещения массовых сыпучих и штучных грузов по определенным линейным трассам. Делят на конвейеры 1 и устройства для трубопроводного транспорта 2.

1)- ленточные, пластинчатые, скребковые, ковшовые, винтовые, вибрационные.

2)- грузы перемещают в потоке жидкости или газа, в контейнерах.

Железнодорожный транспорт – для крупных объектов, расстояния более 200 км. Крытые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны, вагоны-самосвалы.

Водный транспорт – речные и морские суда. Сухогрузные и нефтеналивные – танкеры грузоподъемностью до 1000 т. Самоходные и несамоходные (баржи, секции). Недостаток: малая скорость перевозок, сезонность.

Воздушный транспорт: труднодоступные районы. Самолеты, вертолеты, дирижабли. Высотные объекты (телебашни, ретрансляторы, доменные печи, трубы, реакторы, опоры ЛЭП).

Грузовые автомобили и автопоезда: грузовой автомобиль – это средство безрельсового транспорта с собственным двигателем, предназначенное для перевозки грузов.

1892 г. Генри Форд (США) построил свой первый автомобиль, 1903 г. Промышленное производство. 1908 г. – «Руссо-Балт» - первый русский автомобиль.

АМО – Ф15 – 1924 г. – первый советский. 1932 г. – массовое производство ГАЗ-А.

Различают грузовые автомобили общего назначения, специализированные и специальные. Открытые платформы с откидными бортами, повышенной проходимости со всеми ведущими колесами, со сцепными устройствами для буксировки.

Вместе с прицепом или полуприцепом автомобиль образует автопоезд. По проходимости различают автомобили дорожные, внедорожные (карьерные), повышенной и высокой проходимости.

В зависимости от типа движителя – колесные, колесно-гусеничные, на воздушной подушке, автомобили-амфибии.

По грузоподъемности: особо малой (до 1 т), малой (1-2 т), средней (2-5 т), большой (>5 т) и особо большой грузоподъемности (от 1 до 110 т). Длина – 11,12-22 м; ширина – 2,5 м; высота – 3,8 м.

Конструкции характеризуются компонованной схемой, двигателем, трансмиссией, ходовой частью, механизмами управления.

Состоит из шасси, кузова и двигателя (карбюраторного, дизеля, газотурбинного). Шасси включает – силовую передачу (трансмиссию), ходовую часть, механизмы управления и электрооборудование. Трансмиссия передает вращающий момент от двигателя к движителю (колесам). Она может быть механической, электромеханической, гидромеханической.

Ходовая часть включает раму, подвеску, оси (мосты) и колеса. На раме устанавливают кузов, кабину, двигатель, коробку передач и др.

Механизмы управления – рулевое управление, управление скоростями передвижения и тормозная система.

Специализированные транспортные средства – автомобили – самосвалы, керамзитовозы (18 т), панеле-, фермо-, плито-, сантехкабино-, трубо- (12м), плете- (36 м, от 9 до 36 т), метало-, контейнеро-, тяжело- возы.

Самосвалы – для перевозки грунта, песка, асфальта; с задней, боковой, на одну, обе стороны, трехсторонняя разгрузка. Грузоподъемность – 5-12 т; карьерные – 300 т.

Специальные автомобили для перевозки жидкотекучих (растворов, бетонов, расплавленного битума, жидкого топлива) и псевдожидких грузов (цемента, известняков, пушенки, алебастра, гипса, молотого известняка, сухой золы, минеральных порошков, сухих сыпучих растворов, мелкозернистых бетонов, их компонентов и др. вяжущих веществ). Грузы характеризуются повышенной подвижностью – а это снижение безопасности движения (управляемость, устойчивость, тормозные свойства).

Автоцементовозы – это автопоезд из седельного автомобиля – тягача и полуприцепа – несущей цистерны.

Автобетоносмесители – загружают готовой или сухой бетонной смесью. На 70-90 км. Вращающийся смесительный барабан. Для транспортирования жидкого битума с  $T=200^{\circ}\text{C}$ , а также холодных материалов (битума, дегтя, эмульсий, мазута, нефти) применяют автобитумовозы и автогудронаторы.

Тракторы. Трактором называют самодвижущуюся гусеничную или колесную машину, предназначенную для передвижения прицепных и навесных строительных, дорожных, с/х и других машин.

Первые тракторы – 1830 г. Франция и Англия в военном деле. С 1850 г. в с/х. 1888 г. – русский Блинов построил гусеничный трактор. 1901г. – колесный трактор с ДВС США.

1912г. – США и Германия – гусеничные тракторы. Первые в СССР Форзон-Путиловец – 1923г. 1930г. – серийное производство.

По назначению: 1 – сельское хозяйство; 2 – промышленное, 3 – транспортное, 4 – специальное. Максимальная скорость передвижения гусеничных – 12 км/ч, колесных – 40 км/ч.

Транспортные тракторы оборудуют грузовой платформой, а специальные – лебедками, платформами, подъемниками.

Тракторы разделяют на классы по основному показателю – тяговому усилию. У гусеничных оно равно их массе, а у колесных – 0,5-0,6 от массы.

Сельскохозяйственные тракторы – типы классов тяги – 6, 9, 14, 20, 30, 50, 60, 90, 150, 250 кН.

Промышленные тракторы – типы классов тяги – 100, 150, 200, 250, 350, 500 кН. Мощность двигателя >800кВт с установкой на них погрузочного, бульдозерного, рыхлительного, кранового оборудования.

Пнемоколесные тягачи. В строительстве это как базовые машины для работы с различным прицепным и навесным рабочим оборудованием. Обладают высокой тяговой характеристикой, транспортными скоростями (до 50 км/ч и более), маневренностью и производительностью. Мощность двигателя 900 кВт при нагрузке на ось 750 кН и более. Тягачи мощностью 12-25 кВт с гидрообъемным приводом, с 30-300 кВт – с гидромеханическими и механическими трансмиссиями, с >300 кВт – с мотор-колесами и шинами диаметром до 3 м и шириной >1 м с автоматически изменяемым давлением воздуха в них в зависимости от дорожных условий. Они бывают одноосные и двухосные.

## Назначение, принцип работы и производительность ленточных и пластинчатых конвейеров. Эскалаторы.

### Виброжелоба

Конвейеры (англ. conveyor – перевозить, convey – транспортер) – транспортная установка или машина непрерывного действия.

По грузонесущему элементу их разделяют на ленточные, пластинчатые, роликовые (рольганги), скребковые, ковшовые, винтовые (шнеки) и т.д.

По принципу действия – гравитационные, приводные (тяговые и вибрационные).

Они перемещают материал горизонтально и наклонно (сыпучие и кусковые материалы, штучные грузы, пластичные смеси растворов и бетонов).

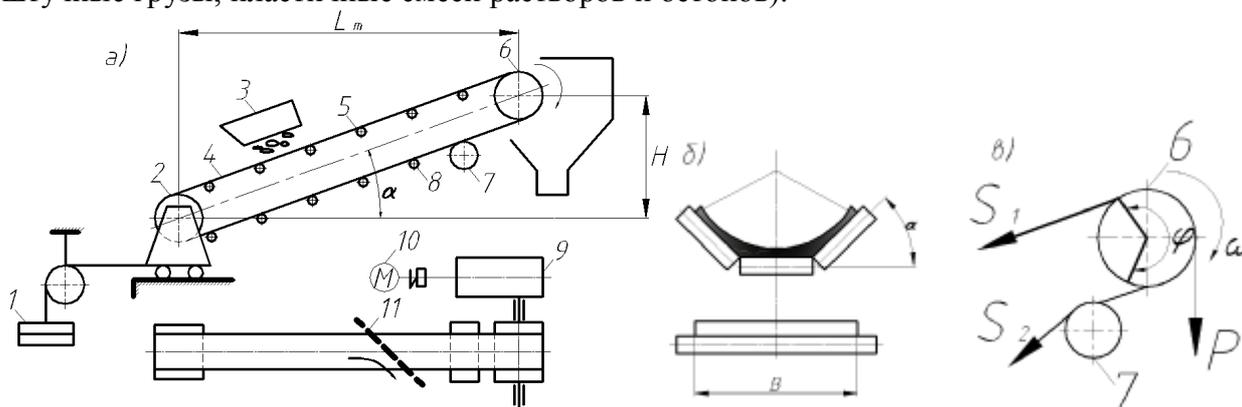


Рис. 4.1. Ленточный конвейер

а- общая схема; б- ролюкоопоры; в- схема усилий в ветвях ленты в зоне приводного барабана.

Перемещение груза бесконечной прорезиненной лентой 4, огибающей 2 барабана – приводной 6 и натяжной 2. Движение ленты с грузом через загрузочное устройство 3 обеспечивается силой трения на поверхности ее контакта с приводным барабаном,

вращение которому передается от электродвигателя 10 через редуктор 9. Обе ветви ленты поддерживаются от провисания катучими опорами 5 и 8 – установлены чаще под грузовой ветвью и реже – под холостой. В зоне загрузки материала они представляют прямые горизонтальные ролики (рис.б). Материал разгружают через барабан 6. Для увеличения тягового усилия рядом с приводным барабаном 6 устанавливают отклоняющий барабан 7, увеличивающий угол обхвата  $\varphi$ . От провисания ленты, увеличения тягового усилия – лента натягивается предварительно винтовым или натяжным грузовым устройством 1. Возможна промежуточная разгрузка с помощью наклонно установленного плужкового сбрасывателя 11.

Ширина ленты  $B=0,4-2$  м. Скорость движения –  $0,8-4$  м/с (для штучных  $V=0,5-1,5$  м/с).

Для специального назначения  $B=3,2$  м,  $V=8$  м/с. Ленты – тканевые, прорезиненные, из нескольких слоев ткани (бельтинга) из хлопчатобумажных или синтетических волокон. Конвейеры с покрывающей лентой,  $\alpha$  до  $60^\circ$ . Тяжелый цепной мат.

Для крупнокусовых материалов:

$$B_{min} = 2\alpha_{max} + 0,2 \text{ м}, \quad (1)$$

где  $\alpha_{max}$  – наибольший размер куска, м.

Достоинства: высокая производительность – 1000-8000 т/ч, дальность транспортирования – 10 км – установив каскадом один за другим.

В строительстве используют стационарные и передвижные контейнеры (ленточные), перемещающие грузы на небольшие расстояния. Стационарными оборудуют бетонные и железобетонные заводы, склады стройматериалов. Передвижные – от 5 до 15 м длиной на колесах.

Производительность:

$$\Pi = 3600A \cdot \rho \cdot V, \quad (2)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения потока материала,  $\text{м}^2$ ;

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

$V$  – скорость движения материала, м/с.

Для большинства стройматериалов:

$A \approx 0,05B$  – при плоской ленте;

$A \approx 0,11B$  – при желобчатой ленте ( $\alpha=20^\circ$ );

$A \approx 0,14B$  – то же ( $\alpha=30^\circ$ ).

Требуемое для работы ленточного конвейера максимально возможное окружное усилие  $F(H)$  на приводном барабане зависит от:

1 – мощности двигателя  $P_{дв}$  (кВт) при заданной скорости  $V_L$  (м/с) передвижной ленты;

2 – цепного свойства барабана, характеризуемого статистическим усилием.

$S_0(H)$  натяжения каждой ветви ленты, коэффициентом трения  $f$  между лентой и ведущим барабаном и углом обхвата  $\varphi$  (рад) барабана лентой:

$$F^* = P_{дв} \cdot \eta / V_L, \quad (3)$$

$$F^{**} = 2S_0 \cdot \frac{e^{f\varphi} - 1}{e^{f\varphi} + 1}, \quad (4)$$

где  $\eta$  – КПД трансмиссии,  $e$  – основание натурального логарифма.

По теории Эйлера тяговое усилие на приводном барабане равно разности между натяжениями в набегающей  $S_1$  и сбегающей  $S_2$  ветвях ленты:

$$F = S_1 - S_2, \quad (5)$$

$$S_1 = F \cdot \frac{e^{f\varphi}}{e^{f\varphi} - 1}; \quad (6)$$

$$S_2 = \frac{F}{e^{f\varphi} - 1}. \quad (7)$$

Требуемая мощность электродвигателя зависит от производительности контейнера П, геометрических параметров трассы перемещения материала (длины его вертикальной Н и горизонтальной  $L_r$  проекции, ширины ленты  $B_l$ , скорости ее перемещения  $V_{л}$  и способа разгрузки).

При коэффициенте сопротивления передвижению материала конвейером  $W=0,03$  и линейной массе (кг/м) элементов конвейера  $q=30B$  мощность двигателя равна:

$$P_{дв} = \{[(0,0027H + 0,00008L_r)П + 0,016L_r \cdot BV_{л}]\}K_1 \cdot K_2 + K_3 П / \eta,$$

$K_1=1$  (при  $L_r \rightarrow 50$  м);  $K_1=1,25$  (при  $L_r < 15$  м) – коэффициент влияния длины конвейера;  
 $K_2=1$  (отсутствие тележки);  $K_2=1,25$  (при наличии сбрасываемой тележки) – коэффициент, учитывающий сопротивление при прохождении ленты через сбрасываемую тележку;

$K_3=0$  (при разгрузке через барабан);  $K_3=0,008$  (при плужковом сбрасывателе);  $K_3=0,005$  (при разгрузочной тележке) – коэффициент, учитывающий расход энергии на работу сбрасывающего устройства.

При расчете основных параметров ленточного конвейера сначала определяют требуемую мощность  $P_{дв}$  электродвигателя, а затем по \* требуемое окружное усилие  $F$  на приводном барабане.

$F$  обеспечивается параметром  $f\varphi$ , минимальное значение которого равно:

$$f\varphi_{min} = \ln \frac{2S_0 + F}{2S_0 - F} \quad (8)$$

(получено преобразованием формулы \*\*).

Необходимое натяжение ленты  $S_0$  обеспечивается разными конструктивными решениями (например, грузом 1). Масса груза

$$m_r = \frac{2S_0}{g}; g = 9,81 \text{ м/с}^2. \quad (9)$$

Стрела провеса грузеной ветви ленты должна быть не более 3% расстояния между роlikооперами.

Минимальное значение  $S_0$  усилия натяжения каждой ветви ленты

$$S_{0min} = 50(q_M + q_L), \quad (10)$$

где  $q_M, q_L$  – массы материала и ленты, приходящиеся на 1 м длины последней, кг.

Для устранения подбуксовки ленты увеличивают угол обхвата барабана  $\varphi$  и повышают коэффициент трения  $f$  (футеровкой рабочей поверхности барабана слоем резины). Увеличение усилия  $S_0$  неизбежно влечет за собой увеличение растягивающего усилия  $S_1$  в наиболее нагруженном поперечном сечении ленты – в набегающей на приводной барабан ветви:

$$S_0 = S_1 + F/2, \quad (11)$$

$$F = 2(S_0 - S_1). \quad (12)$$

Количество прокладок (слоев) ленты:

$$i = \frac{S_1}{BK}, \quad (13)$$

где  $K$  – допустимое усилие на разрыв 1 см ширины одной прокладки, Н/см. Надо принимать 10-12 кратный запас прочности.

$K=60$  Н/см – для хлопчатобумажных бельтинггов.

$K=300$  Н/см – для синтетических бельтинггов.

Разновидности:

1)- Пластинчатые конвейеры – для материалов с острыми кромками, крупнокускового камня в дробилки, горячих материалов. Тяговый орган – 2 бесконечные цепи, огибающие приводные и натяжные звездочки. К тяговым цепям прикреплены металлические пластины, перекрывающие друг друга.  $B=0,4-1,6$  м;  $V=0,01-1,0$  м/с (исключены просыпания). Эскалаторы: разновидность пластинчатых конвейеров. Тоннельные для метрополитенов, поэтажные – для крупных зданий, магазинов. Настил – ступени  $h=0,4$  м,  $b=1$  м. Тяговой орган – 2 параллельные пластичные цепи.  $\alpha=30^\circ$ ; до 45 м – высота подъема.  $V=0,75-0,96$  м/с. Пропускная способность до 1000 чел/час.

2)- Скребковые – на тяговых цепях скребки.

3)- Ковшовые. Элеваторы: вертикально до 50 м.  $V=1,25-2,5$  м/с - быстрые;  $V=0,4-1,0$  м/с – тихие.  $\Pi=100$  м<sup>3</sup>/ч. Мелкие и глубокие, полукруглые ковши, остроугольные, заполнение силосов, бункеров.

4)- Винтовые – горизонтально и наклонно ( $\alpha=20^\circ$ ). Для сыпучих, кусковых, тестообразных материалов на расстояния до 30-40 м.  $\Pi=20-40$  м<sup>3</sup>/ч. Винты – сплошные, ленточные, лопастные, фасонные.

5)- Вибрационные – снижение сил внутреннего трения. Электромагнитные возбудители, вибраторы с механическим приводом. Для равномерного потока материалов на небольшие расстояния, при дозировке инертных материалов.

6)- Подъемники непрерывного действия – для штучных грузов. Площадки – люльки (люлечные элеваторы). Для погрузочно-разгрузочных работ.

7)- Виброжелобы – для подачи бетонной смеси к месту укладки. Корпус через подвески присоединен к несущей конструкции. Колебания корпусу сообщаются укрепленным на нем вибратором.

## Установки для пневматического транспортирования материалов. Погрузочно-разгрузочные машины

Пневматическими установками перемещают сыпучие материалы по трубам с помощью сжатого или разреженного воздуха. Их применяют для погрузки, разгрузки и перемещения цемента, песка, извести, опилок и т.п.

По принципу действия различают установки: 1 – всасывающего, 2 – нагнетательного действия.

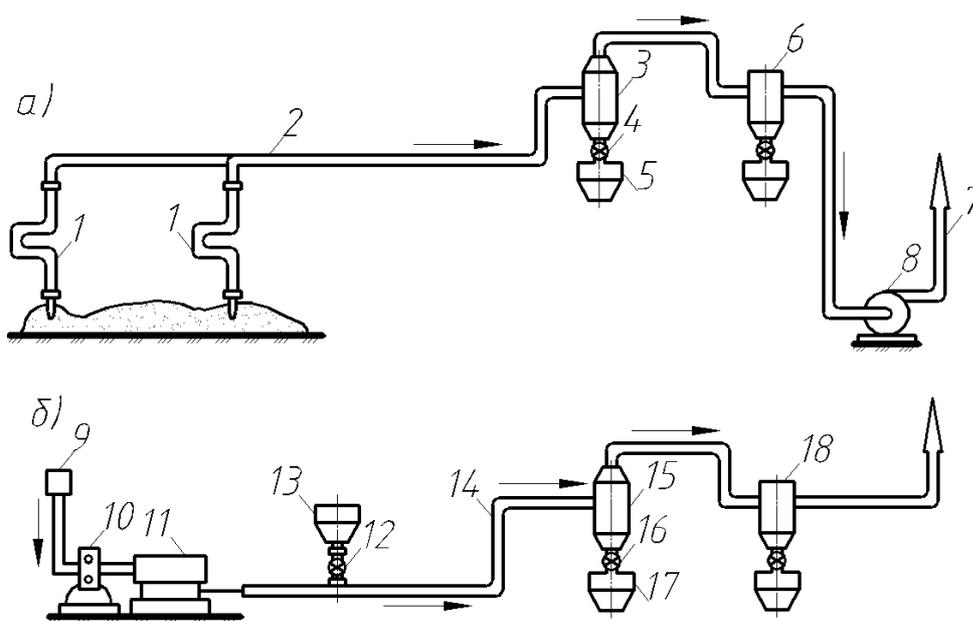


Рис 4.2. Принципиальные схемы пневмоаппаратных установок а)- всасывающего действия; б)- нагнетательного действия.

1-сопла; 2-всасывающий трубопровод; 3-осадительная камера; 4-шлюзовой затвор; 5-бункер; 6-фильтр; 7-трубопровод; 8-вакуум-насос; 9-воздухоприемник; 10-компрессор; 11-воздухосборник(ресивер); 12-затвор; 13-загрузатель; 14-транспортный трубопровод; 15-осадительная камера; 16-шлюзовой затвор; 17-бункер; 18-фильтр.

В первых установках материал поступает во всасывающий трубопровод 2 вследствие разрежения в нем воздуха вакуум-насосом 8. С помощью сопел 1 забор материала идет одновременно из нескольких мест. Из трубопровода 2 смесь воздуха с материалом поступает в осадительную камеру 3. Здесь тяжелые частицы оседают и через шлюзовой затвор 4 высыплются в бункер 5, а частично очищенный воздух поступает в фильтр 6, дополнительно очищается и через вакуум-насос 8 по трубопроводу 7 выбрасывается в атмосферу.

Такие установки способны транспортировать на небольшие расстояния при малом перепаде высоты.

Недостаток – небольшая долговечность вакуум-насоса (абразивное изнашивание).

Во вторых установках материал перемещается в потоке воздуха под действием избыточного давления, создаваемого компрессором 10 (см.рис.б). Он засасывает воздух через воздухоприемник 9 и подает его в воздухосборник (ресивер) 11, откуда он поступает в транспортный трубопровод 14. Материал подается загрузателем 13 через затвор 12 в осадительной камере 15 происходит отделение материала от воздуха, который через затвор 16 выпадает в бункер 17, а воздух, очистившись от примесей фильтром 18, выбрасывается в атмосферу.

Недостатки пневмотранспорта: большой удельный расход воздуха и высокая энергоемкость процесса (1-5 кВт – в 3-6 раз больше, чем конвейеров), повышенный износ элементов оборудования.

Преимущества: 1 – герметичность, 2 – полная механизация, 3 – компактность оборудования, 4 – возможность перемещения материала по трассе любой конфигурации до 2 км, производительностью до 300 т/ч.

Производительность:

$$\Pi = Q_B \cdot \rho_B \cdot \mu / 1000 \quad (14)$$

$Q_B$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho_B$  – плотность атмосферного воздуха ( $\rho_B=1,244$  кг/м<sup>3</sup>);

$\mu$  – коэффициент массовой концентрации смеси, равный отношению массы перемещаемого в единицу времени материала к массе расходуемого в то же время воздуха ( $\mu=3\dots 20$  для песка и щебня,  $\mu=20-100$  – для цемента).

Погрузочно-разгрузочные машины предназначены для погрузки штучных грузов и сыпучих материалов на транспортные средства (ж/д вагоны, автомобили, конвейеры), для разгрузки их, для перемещения в хранилищах при складировании и сортировке.

Их разделяют:

1)- По рабочему процессу: 1 – машины циклического; 2 – непрерывного действия.

2)- По виду ходового оборудования: 1 – рельсокошечные; 2 – пневмокошечные; 3 – гусеничные.

3)- По назначению: 1 – автопогрузчики (вилочные); 2 – одно- и многоковшовые погрузчики; 3 – краны-манипуляторы.

4)- По способу разгрузки: 1 – фронтальные; 2 – полуповоротные; 3- перекидной тип погрузчика.

Рабочий цикл – захват материала, его перемещение, выгрузка, возврат на исходную позицию.

Вилочный автопогрузчик – подъемно-транспортная машина с вертикальным телескопическим подъемником и подвешенными на нем грузовыми вилами. Сменные рабочие органы: штырь для рулонов и коротких труб; захват для бревен; ковш для сыпучих материалов; безблочная стрела; крановая стрела; рычажная крановая стрела.

По грузоподъемности: легкие (до 2 т); средние (3,2-5 т); тяжелые (5-10 т); сверхтяжелые (>10 т).

В строительстве наиболее распространены фронтальные автопогрузчики средней грузоподъемности.

Состоят из самоходного короткобазового шасси; ДВС с коробкой передач; ведущего и управляемого мостов с ходовыми колесами; рулевого управления.

Высокая маневренность, развороты в стесненных условиях, в складах. Максимальная высота подъема вилочного захвата – 4,5 м. Скорость подъема – 0,5-10 м/мин, передвижения – 50 км/час.

Краны-манипуляторы – специальные подъемно-транспортные средства с дистанционным управляемым грузозахватным устройством.

Одноковшовые погрузчики – для погрузки на транспорт (автомобили, полувагоны) сыпучих и кусковых грузов (песок, гравий, щебень, мусор, уголь, кокс). Они могут быть оборудованы специальными устройствами для монтажных, зачистных, планировочных, снегоуборочных работ.

Их классифицируют:

- 1)- По грузоподъемности: 1 – легкие (0,5-2 т); 2 – средние (2-4 т); 3 – тяжелые (4-10 т); 4 – большегрузные (>10 т).
- 2)- По шасси: на тракторах, тягачах, специальное шасси.
- 3)- По ходовому устройству: колесные, гусеничные.
- 4)- По направлению разгрузки ковша: 1 – с передней (фронтальной); 2 – с боковой (полуповоротные) и задней (перекидные) разгрузкой.

В строительстве больше используют фронтальные погрузки на спецшасси. Рабочее оборудование состоит из ковша, стрелы, навешенных на портал, жестко соединенный с рамой погрузчика. Стрелу поднимают двумя гидроцилиндрами.

Скорость подъема ковша – 1-1,5 м/с, высота подъема: 1,25 т – 2,7 м; 5 т – 3,4 м. Скорость передвижения – 8-12 км/ч; транспортные скорости – 25-50 км/ч.

Их оснащают многими видами сменного и навесного рабочего оборудования: ковшами с нормативной, увеличенной и уменьшенной вместимостью; двухчелюстными, скелетными, с боковой разгрузкой, с увеличенной высотой разгрузки, с принудительной разгрузкой, бульдозерный овал, рабочее оборудование экскаватора; грейфер; грузовые вилы; крановое оборудование; челюстной захват; захват для столбов и свай; плужный снегоочиститель, роторный снегоочиститель; кусторез; корчеватель-собираатель; рыхлитель.

Производительность:

$$P_{\text{э}} = 3600Q \cdot \varepsilon \cdot K_{\text{в}} / t_{\text{ц}} \quad (15)$$

Q – грузоподъемность ковша;

$\varepsilon$  – коэффициент использования вместимости ковша ( $\varepsilon=0,9$  – зернистые,  $\varepsilon=0,7$  – кусковые);

$K_{\text{в}}$  – коэффициент использования по времени;

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

Погрузные машины непрерывного действия: зачерпывающие (питатель), транспортирующее устройство, пневмоколесный или гусеничный движитель.

Передвижные ленточные конвейеры; с винтовым питателем; многоковшовые погрузчики; с черпаковым загрузочным устройством, роторные машины; с загребающими лапами. Производительность 50-300 м<sup>3</sup>/ч, зависит от работы питателя и размера штабеля.

## Раздел VII. Грузоподъемные машины

### Назначение и классификация грузоподъемных машин. Основные параметры, общие узлы и механизмы грузоподъемных машин (Г.М.)

#### Назначение, устройство и принцип работы реечных, винтовых и гидравлических домкратов

Г.М. используют для перемещения стройматериалов, монтажа строительных конструкций, погрузочно-разгрузочных работ на складах, монтажа и обслуживания технического оборудования в процессе его эксплуатации.

По характеристике рабочего процесса это машины циклического действия.

Главный параметр – грузоподъемность. Также Г.М. характеризуются зоной обслуживания, вылетом груза, высотой подъема, скоростями рабочих движений, массой, мощностью, опорными нагрузками, грузовым моментом.

По конструктивному исполнению и виду выполняемых работ их делят на: 1-домкраты; 2-лебедки; 3-подъемники; 4-монтажные вышки; 5-краны.

Домкраты: винтовые, реечные, поршневые, гидравлические (на  $h$  до 0,6м на монтаже и ремонтных работах).

Лебедки (тали и электротали) – ручной и механический привод.

Подъемники: грузовые и пассажирские, грузопассажирские; в жестких направляющих.

Вышки – на грузовых автомобилях.

Краны – универсальные машины для перемещения штучных и сыпучих материалов по пространственной траектории произвольной конфигурации и различной протяженности.

Требования к Г.М. определяются Правилами ГосГорТехнадзора.

Домкраты. Наиболее распространены реечные, винтовые и гидравлические.

1. Реечный домкрат состоит из корпуса, в нем по направляющим перемещается стойка. Рукояткой движение передается стойке через зубчатую пару и речную передачу. Груз располагают на поворотной головке либо на пяте. Для удержания груза на любой высоте имеется грузоупорный тормоз с храповым механизмом. Процесс опускания груза (вращение рукояти на спуск) состоит из чередующихся падений и остановок. Эта неравномерность практически не ощущается в отрегулированном тормозе.

Из уравнений моментов относительно оси зубчатого колеса определяется усилие  $Q$  на рукоятке при подъеме груза массой  $m$ .

$$Q = \frac{m \cdot g \cdot d_0}{2 \cdot R \cdot u \cdot \eta}, \quad (1)$$

где  $d_0$  - диаметр начальной окружности зубчатого колеса;

$R$  – длина рукоятки;

$u$  – передаточное число зубчатых передач;

$g$  – ускорение свободного падения;

$\eta$  - КПД домкрата (0,65-0,85).

Допускается усилие на рукоятке: 200Н – при кратковременной работе, 80Н – при непрерывной работе. Грузоподъемность до 3т. Высота подъема 0,6м.

2. Винтовой домкрат состоит из винта с прямоугольной или трапецеидальной резьбой, вращаемого рукояткой; корпуса с бронзовой гайкой грузовой головки. Рукоятка оборудована трещеткой, состоящей из зубчатого колеса, одетого на квадратную часть винта, и собачки, поджимаемой стопором и пружиной. Такие домкраты не требуют дополнительных устройств для удержания груза, так как винтовая пара (винт – гайка) – самотормозящаяся.

Усилие  $Q$  на рукоятке  $R$  при подъеме груза массой  $m$  равно:

$$Q = \frac{m \cdot g \cdot t}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \eta}, \quad (2)$$

где  $t$  – шаг винта;

$$\eta - \text{КПД домкрата: } \eta = \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\operatorname{tg}(\lambda + \rho)},$$

$\lambda$  - угол подъема винтовой линии;

$\rho$  - угол трения в винтовой паре.

Грузоподъемность – до 50т,  $h$  – до 0,35м. Есть домкраты с машинным приводом (рукоятка заменяется червячной передачей).

Гидравлический домкрат состоит из цилиндра с поршнем, насоса, всасывающего, нагнетательного и спускного клапанов, масляного бака. Рабочая жидкость – минеральное масло, смесь из воды со спиртом (глицерином).

Усилие на рукоятке:

$$Q = \frac{m \cdot g \cdot d^2 \cdot l_1}{D^2 \cdot l_2 \cdot \eta}, \quad (3)$$

где  $d, D$  - диаметры поршней насоса и гидроцилиндра;

$l_1, l_2$  - плечи рукоятки;

$\eta$  - КПД.

Грузоподъемность 200т;  $h=0,18-0,2$ м. Домкраты с приводом отдельного насоса – грузоподъемность – 500т.

Система из нескольких параллельных установочных домкратов, питаемых от одной насосной станции, осуществляют подъем крупных сооружений.

## Канатные подъемные механизмы (КПМ)

КПМ состоят из подъемных лебедок и полиспастных систем. Применяют как самостоятельные подъемные устройства и как составные части кранов и подъемников.

КПМ состоят из барабана (1), стального каната (2), системы блоков (3, 4, 5), грузового устройства(6).

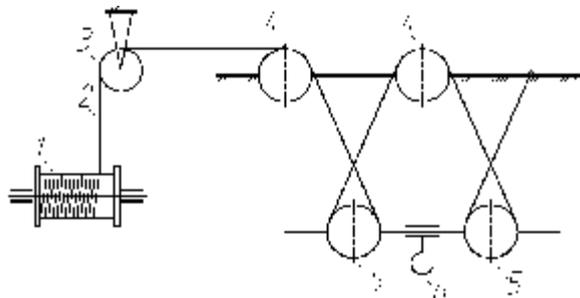


Рис. 5.1. Канатно-блочная система ПМ

Канат – это свивка их высокопрочной стальной проволоки диаметром 0,3-3мм одинарной (из отдельных проволок), двойной (из свитых прядей) и тройной (из нескольких канатов двойной свивки) свивки. В центре сердечник из органического волокна, пропитанный смазкой, являющейся базой для навивки.

Применяют в основном шестипрядные канаты двойной крестовой свивки с одним органическим сердечником с числом проволок  $6 \cdot 19 = 114$  и  $6 \cdot 37 = 222$ . Есть семипрядные канаты с центральной металлической прядью.

Канаты характеризуются диаметром, маркировочной группой проволоки и разрывным усилием  $F_0$ . По нему выбирают типоразмер каната, связанный с наибольшим усилием натяжения  $S_{max}$ .

$$F_0 = S_{max} \cdot Z_p, \quad (4)$$

где  $Z_p$  - минимальный коэффициент запаса прочности (для неподвижных канатов – 2,5-5; для подвижных – 3,15-9).

Для крепления свободных концов каната к конструкциям применяют разнообразные коуши и зажимы (закладывают клином, загибом концов с заливкой легкоплавким металлом, заплеткой, канатным зажимом).

Канатный блок – установленное на оси на подшипниках качения, скольжения чугунное или стальное колесо, с V-образным ручьем на его ободе для укладки в нем каната.

Должно выполняться условие: отношение диаметра блока, измеренного по средней линии каната, к его диаметру принимается не менее 12,5-28.

Блоки устанавливают единично или группами на единой оси. Называются блочными обоймами, которые образуют полиспаст.

Кратность полиспаста (всегда есть целое число 2;3;4...):

$$i = V_k / V_r, \quad (5)$$

где  $V_k$  - скорость навивки каната на барабан (входной параметр);

$V_r$  - скорость подъема груза.

( $V_k < V_r$ ).

Усилие определяется:

$$S = \frac{m \cdot g}{i \cdot \eta}, \quad (6)$$

где  $S$  – усилие в навиваемой на барабан ветви каната;

$mg$  – сила тяжести груза и грузозахватывающего приспособления;

$\eta$  - КПД полиспаста.

Нужно запомнить правило: Кратность полиспаста численно равна числу ветвей каната, на которых подвешен груз.

Правило (общий случай) Кратность полиспаста равна отношению числа ветвей каната, на которых подвешен груз, к числу ветвей, навиваемых на приводной барабан.

КПД полиспаста:

$$\eta_n = \frac{\eta_b^i - 1}{i \cdot (\eta_b - 1)}; \quad (7)$$

$$\eta_n = \eta_b^n \text{ (с кратностью не выше 4),}$$

где  $\eta_b$  - КПД одного блока;

$i$  - кратность полиспаста;

$n$  - число блоков в полиспасте.

Типоразмер каната назначают по его разрывному усилию в соответствии с действующими стандартами (ГОСТ 2688-80)

Типы: ЛК-0 – одинаковый диаметр проволок (линейное касание);

ЛК-Р – разный диаметр проволок.

Согласно ГОСТ – шестипрядный канат двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях типа ЛК-Р с одним органическим сердечником.

Диаметр каната, мм	Масса 1м, кг	Маркировочная группа, Н/кв.мм	Минимальное разрывное усилие, кН
22,5	1,85	1370	220
21	1,635	1570	222
19,5	1,405	1860	218,5

Барабаны цилиндрической формы с бортами от соскальзывания каната (ребордами – высота реборды над последним витком  $h_p \geq 2d_k$ ) из чугуна, стального литья, сварными из листовой стали.

Каната в один слой в барабане – однослойная навивка; в несколько – многослойная.

Конец каната закрепляют на барабане клином, винтом, прижимными планками с болтами на рабочей поверхности барабана или на его реборде.

Основные параметры:

- 1)- диаметр  $D_0$ ;
- 2)- длина рабочей поверхности  $l_0$ ;
- 3)- канатоемкость (общая длина навиваемого на барабан каната)  $L$ ;
- 4)- число слоев навивки каната  $m$ ;
- 5)- диаметр барабана по ребордам  $D_p$ ;
- 6)- частота вращения  $n_0$ ;
- 7)- шаг нарезки канавок (при однословной навивки)  $b$ ;

Геометрические размеры барабана определяют в зависимости от диаметра каната  $d_k$ , диапазона вертикального перемещения груза  $H$ , кратности полиспаста  $i$ .

$$e_{\min} = \frac{D_0}{d_k} = 11,2 - 25, \quad (8)$$

где  $D_0$  – диаметр барабана по первому слою навивки каната.

$$L = 1000 \cdot H \cdot i + \pi \cdot D_0 \cdot n_{\text{зап}} \quad (9)$$

- канатоемкость равно длине каната, навиваемого на барабан при подъеме груза из наиболее высокого положения, сложенной с длиной 1,5-2 запасных витков  $n_{\text{зап}}$  каната на барабане для разгрузки крепления к нему каната.

Крюки – простейшие грузозахватные устройства (однорогие и двурогие) для подвешивания к ним грузов непосредственно или с помощью чалочных устройств или захватов. Однорогие – для грузов 1т до 75т. Двурогие – от 5т и выше.

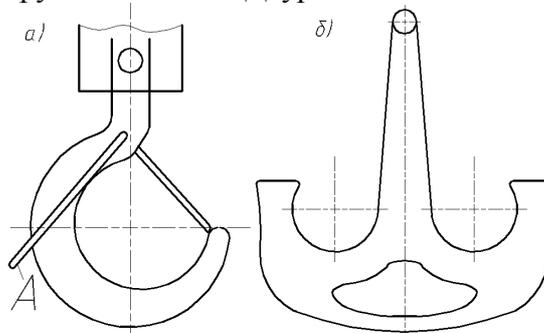


Рис. 5.2. Крюки. а)-однорогий крюк; б)-двурогий крюк. Крюки снабжают предохранительным замком А.

Стропы – канатные и цепные. Они могут быть одно (1СК), двух (2СК), трех (3СК), четырехветвевыми (4СК), двухпетлевыми (СКП), кольцевыми (СКК). оба конца каждой ветви стропа имеют коуши. Концы каната закрепляют алюминиевыми или стальными втулками опрессовкой, заплеткой, обмоткой концов прядей проволокой.

Усилие напряжения ветви стропа:

$$S = \frac{m \cdot g}{n \cdot \cos \alpha}, \quad (10)$$

где  $m$  – масса груза;

$n$  – число ветвей;

$\alpha$  - угол наклона ветви стропа к вертикали. С увеличением  $\alpha$  усилие  $S$  возрастает.

ГОСТ ограничивает угол  $\alpha$ . Между любыми двумя ветвями  $\alpha \leq 90^\circ$ .

Основные параметры: грузоподъемность – 0,32-32т; длина – 0,9-25м.

Строп 4СК1-;34400 ГОСТ25573-82 – 4-х ветвевой строп, канатный, грузоподъемностью 6,3т, длиной 4,4м.

Захваты. Для захватывания однотипных грузов и подвешиванию их к крюку применяют клещевые и эксцентриковые зажимные фрикционные захваты. Стальные листы и прокат в цехах металлоконструкций применяют подъемные электромагниты. Для подъема немагнитных листовых грузов (плиты перегородок, фанеры, листового стекла, бетонных изделий) применяют вакуумные грузозахватные устройства (вакуумные присосы диаметром 400мм с резиновым ободом).

Для сыпучих и жидких грузов используют опрокидные и раскрывающиеся бады.

Для массовой перегрузки сыпучих материалов применяют челюстные ковши – грейферы. Чаще двухчелюстные двухканатные грейферы. Глубина погружения челюстей грейфера в материал зависит от его плотности, массы грейфера, кинетической энергии его заброса при падении. Каждому материалу определенной плотности соответствует своя определенная масса грейфера, которую изменяют специальными грузами.

## Строительные лебедки, подъемники и вышки

Лебедки – это устройства для подъема (подъемные) или горизонтального перемещения (тяговые) грузов. Ручные и приводные (электродвигатель, гидромотор, ДВС). Барабанные с одним или двумя барабанами, безбарабанные с канатоведущим шкивом (шахтные подъемники, лифты, подвесные подмостья). Характеризируются: 1- тяговым усилием, 2- скоростью движения каната, 3- канатоемкостью барабана.

Ручные лебедки просты, как вспомогательное монтажное оборудование. Состоит из 1- барабана, 2- открытых зубчатых передач, 3- дискового грузоупорного тормоза на параллельных валах, опирающихся на подшипники в боковинах станины, 4- рукояток для подъема.

Электрореверсивные лебедки – наиболее распространенные в приводах машин самостоятельные механизмы. Основные параметры: номинальная мощность приводного двигателя  $P_{дв}$ , крутящий момент на барабане  $T_b$ , частота вращения барабана  $n_b$ .

$$P_{эв} = Q \cdot g \cdot V_r / \eta_z, \quad (11)$$

где  $Q$  – грузоподъемность полиспаста;

$V_r$  - скорость перемещаемого груза (требуемая);

$\eta_z$  - суммарный КПД механизма.

$$\eta_z = \eta_{к-б} \cdot \eta_{бар} \cdot \eta_{тр};$$

$\eta_{к-б}$  - КПД канатно-балочной системы;

$\eta_{бар}$  - КПД барабана;

$\eta_{тп}$  - КПД трансмиссии;

Передаточное отношение трансмиссии электродвигателя:

$$u = \frac{n_{эв}}{n_5}, \quad (12)$$

где  $n_{эв}$  - частота вращения электродвигателя;

$n_5$  - частота вращения барабана.

Тормоз выбирают по тормозному моменту:

$$T_T = K_T \cdot T_{т.ст.},$$

где  $K_T$  - 1,5-2,5 – коэффициент запаса торможения;

$T_{т.ст.}$  - наибольший статический тормозной момент.

Тяговое усилие – от 3,2 до 125кН при скорости каната 0,5...0,1 м/с и канатоемкости от 80 до 800м.

Многоскоростные лебедки – два электродвигателя. Их широко применяют в кранах с электроприводом на монтаже СК.

Ручные тали – на ремонтных работах для подъемов грузов до 5 т, h до 3м. Из подвешивают к потолочным балкам, треногам и другим устройствам с помощью крюка.

Тяговым органом служит грузовая пластинчатая или овально-звеньевая цепь, охватывающая звездочку, жестко связанную с червячным колесом редуктора. Для подъема и опускания груза червяк приводят во вращение вручную цепью, охватывающей цепное колесо.

Прилагаемое к приводной цепи усилие:

$$Q = \frac{m \cdot d \cdot r}{2 \cdot R \cdot u \cdot \eta}, \quad (13)$$

где m – масса груза, крюковой обоймы и тяговой цепи;

r, R – радиусы начальных окружностей звездочки и цепного колеса;

u – передаточное число червячной передачи;

$\eta$  - КПД тали, учитывает потери энергии при трении.

Тельферы (тали с электроприводом) – для перегрузки грузов в складах, произвольных помещениях, на монтажных площадках, для комплектования комбинированных однобалочных, козловых и полукозловых кранов.

Перемещаются по монорельсам собственным механизмом перемещения. Управляют электроталью с пола кнопочным пультом на гибком кабеле.

Грузоподъемность: 0,25-5т. Высота подъема: до 6 метров. Скорость подъема: 20м/мин.

Есть электротали с грузоподъемностью 10т при высоте подъема до 20м.

Подъемники – для подъемов грузов и людей на этажи при отделочных и ремонтных работах. Грузы размещают в ковшах, кабинах, площадках, перемещаемых в жестких направляющих вертикально. Бывают грузовые, грузопассажирские, мачтовые, шахтные. Внутри здания стационарные подъемники (лифты).

Грузовые мачтовые подъемники снаружи возводимых зданий. Они состоят из опорной рамы, мачты из секций, каретки, грузовой платформы, электрореверсивной лебедки с полиспастной системой, электрошкафа. При высоте мачты более 10м ее крепят к стене здания настенными опорами. Грузы массой 0,3-0,5т при высоте здания до 16 этажей имеют скорость подъема 22-37м/мин. В высотном строительстве есть подъемники с грузоподъемностью до 1,6т при высоте подъема до 200м и более.

Бесканатные подъемники в виде одностоечной или двухстоечной мачты. К ее направляющим прикреплены зубчатые рейки с зубчатыми колесами, на грузовой платформе подъемного механизма. Для подъема и подачи в окна грузов, персонала в башенные краны.

Ковшовые (скиповые) подъемники для подачи сыпучих материалов в бункера, работы на складах и предприятиях промышленности стройматериалов. Ковш оборудован ходовыми колесами (рамками), перемещается лебедкой по наклонно-вертикальным рельсам. Ковш, доходя до упора, опрокидывается. Емкость – 1 куб.м. скорость перемещения 0,1-0,5 м/с.

Грузопассажирские подъемники на высотных зданиях для подъема грузов и людей. Грузоподъемность 0,5-1т при высоте здания до 110м (30 этажей). Статические испытания перед пуском, каждые 12 месяцев. Нагрузкой на 50% > тягового усилия. Динамические испытания на 10% больше. Техническое освидетельствование.

Вышки для подъема грузов и людей при обслуживании ЛЭП, осветительных сетей, контактных линий общественного транспорта, монтажных и ремонтных работах. Состоит из базового автомобиля, телескопной мачты, люльки, механизма подъема мачты и ее раздвижки. Мачта состоит из нескольких трубчатых секций. Раздвигается канатно-блочной системой лебедкой, гидравлически и комбинированно. Автомобиль устанавливают на выдвигные опоры в его задней части перед началом работы. Сейчас больше вышки с гидроприводом и телескопическими мачтами и стрелами. Основные параметры:

- 1)- грузоподъемность;
- 2)- рабочая высота;
- 3)- продолжительность подъема люльки.

## **Классификация, назначение, область применения, устройство, рабочие процессы и производительность строительных кранов (СКр)**

### **Общие сведения о строительных кранах**

Краны применяют в различных отраслях н/х для перемещения грузов по пространственным траекториям произвольной конфигурации. Их изготавливают в виде консольных и пролетных конструкций. Базовые параметры СКр определяются параметрами строительных объектов и их элементов.

Консольные краны- стреловые с поворотными неповоротными частями. К ним крепится стрела с полиспастом на ее конце, к подвижной обойме которого подвешено грузозахватное устройство. Обойма может быть установлена на подвижной каретке (тележке), перемещающейся вдоль стрелы. Груз в таких кранах всегда находится вне опорного контура крана. К консольным относят мачтово-стреловые и башенные краны, большая группа самоходных стреловых кранов (гусеничных, рельсоколесных, пневмоколесных, на шасси автомобильного типа, автомобильных, тракторных, кранов-трубоукладчиков, мощных монтажных кранов).

Краны пролетного (мостового) типа - состоят из пролетного строения и перемещающейся по нему тележки с полиспастом. Груз находится в пределах опорного контура крана. В эту группу входят мостовые, козловые и кабельные краны.

Основные параметры кранов: 1- грузоподъемность; 2- высота подъема груза; 3- вылет груза; 4- пролет (расстояние между продольными осями рельсов кранового пути); 5- глубина опускания груза; 6- колея(расстояние между колес, гусениц); 7- база; 8- скорость подъема груза; 9- скорость главной посадки груза; 10- средняя скорость изменения вылета; 11- частота вращения поворотной части крана; 12- скорость передвижения крана.

Зависимость грузоподъемности от вылета груза называют грузовой характеристикой. Представляется графически. Различают min и max вылеты, соответствующие наибольшей и наименьшей грузоподъемности. Изменение вылета влечет к изменению max высоты

подъема груза. Это высотная характеристика. Совмещая их на одном графике, называют ее грузовысотной характеристикой. Грузоподъемность \* вылет = грузовой момент. Контур, охватывающий опорные элементы (колеса, выносные опоры, гусеницы) называют опорным контуром.

Производительность кранов (общая масса, перемещенная в единицу времени):

$$P_{гч} = 3600 \cdot Q \cdot K_r \cdot K_{в} / t_{ц}, \quad (1)$$

где Q – максимальная грузоподъемность;

$K_r$ ,  $K_{в}$  - коэффициенты использования крана по грузоподъемности и по времени;

$t_{ц}$  - продолжительность рабочего цикла крана;

$K_{в}=0,5-0,6$  (12-14ч работы в сутки) – среднесуточный;

$K_{в}=0,41-0,43$  (3600-3800ч в году) – среднегодовой;

$K_r=0,5$  – при СМР;

$K_r=0,6$  – при перегрузке штучных грузов.

## Мачтово-стрелковые краны

Это краны со стационарно установленной мачтой, поддерживаемой растяжками-вантами (вантовые краны) или жесткими раскосами (подкосные или жестконогие краны). Применяются для монтажа сборных конструкций и технология на крупных стройках.

Вантовый мачтово-стреловой кран состоит из мачты, стрелы, грузового и стрелового полиспастов, электролебедок, опорной балки, удерживающих мачту вант. Внизу через подпятник мачта опирается на поворотный круг с канатным приводом. Сверху через опору она раскреплена 4,6 или с 8-ью растяжками – вантами (зависит от грузоподъемности). Она наклонены к горизонту под  $30^{\circ}$ . Винты натягивают и удерживают ручными лебедками или стяжными муфтами (талрепами), прикрепленных к якорям. Стрела шарнирно внизу закреплена на мачте. Вверху удерживается стрелоподъемным полиспастом. Грузоподъемность их от 5 до 25 т.

Жестконогий мачтово-стрелковый кран. Мачта у него поддерживается жесткими подкосами, опирающие на балки- лежни. Для устойчивости их пригружают балластом или заанкеривают. Здесь стрела может быть удлинена (в 1,5 – 2 раза по сравнению с предыдущим краном). Их грузоподъемность от 0,75 до 35 т.

**Башенные краны** – это машины со стрелой, закрепленной сверху вертикальной башни, ведут работы по перемещению грузов и монтажу СК за счет сочетания работы движений: подъем, опускание груза, изменение вылета, поворота стрелы и передвижения самого крана. Это основные грузоподъемные во многих отраслях промышленности и строительства. Грузоподъемность: от 5 до 25, до 50 т и до 250 т. Высокая маневренность, большая зона обслуживания и подстрелового пространства.

Классифицируют:

- по назначению (строительные, монтажные, краны перегружатели);
- по возможности передвижения (по рельсам; стационарные или приставные; самоподъемные);
- по способу изменения вылета крюка (с подъемной и с горизонтально балочной стрелой);
- по типу вращающихся элементов башенно-стрелового оборудования (с поворотными башнями или головками);
- по типу металлоконструкций (решетчатые и трубчатые).

О системе индексации. Их обозначают индексом типа КБ-0000

Базовые модели башенных кранов обозначаются буквами КБ (кран башенный) и цифрами:

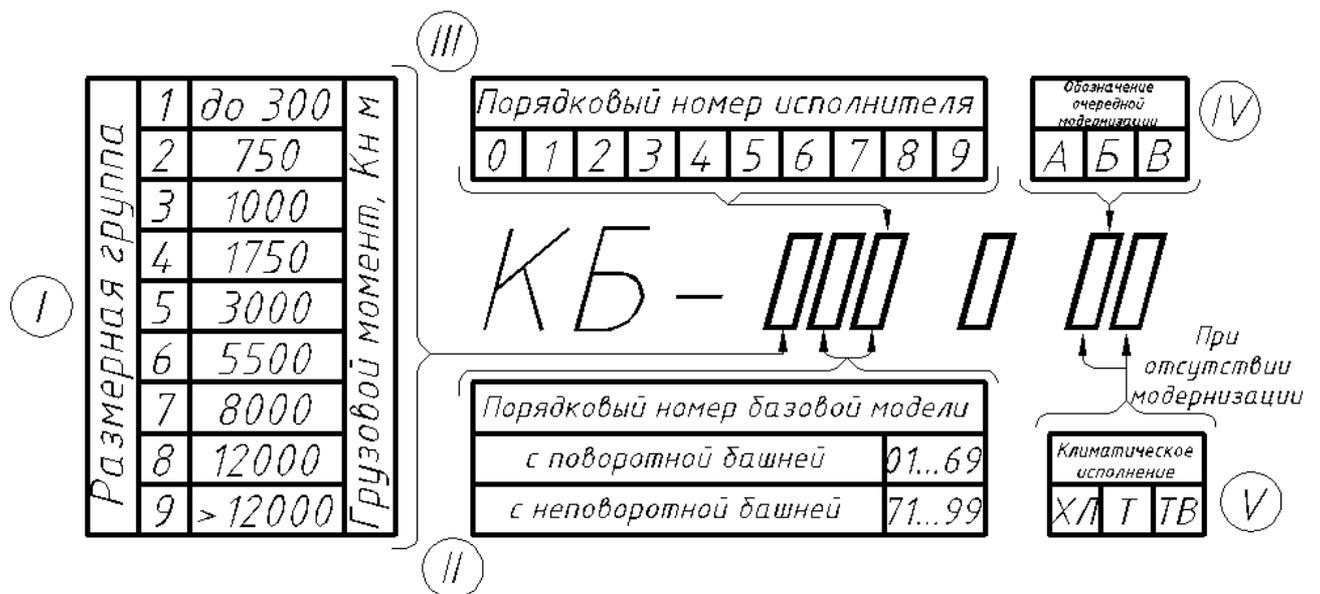


Рис.6.1. Система индексации башенных кранов:

Первая цифра (I) – размерная группа по грузовому моменту.

Две вторые цифры (II, III) – порядковый номер базовой машины, имеющей поворотную или неповоротную башню.

Четвертая (IV) – номер исполнения, отличающийся от базовой модели, например, длиной стрелы, высотой подъема, величиной максимальной грузоподъемности.

После цифр (V) – может указываться обозначение очередной модернизации (А, Б, В) и климатическое исполнение для холодного, тропического и тропически влажного климата (ХЛ, Т, ТВ).

Башенный кран с поворотной башней состоит из неповоротной рамы с ходовым устройством и ее приводом и поворотной частью. Последняя включает поворотную платформу с противовесом, механизмом вращения, грузовой и стреловой лебедками, башню, стрелу, полиспасты. На всех механизмах электроприводная стрела может быть оборудована грузовой кареткой.

Краны с неповоротной башней - отличие в том, что вместе с нижней рамой и ходовыми тележками к неповоротной части относится также башня с порталом и балластом в нижней части.

Приставные (стационарные) башенные краны – для строительства высотных сооружений (150м и более). Состоит из поворотной головки и горизонтальной стрелы с перемещающейся по ней грузовой кареткой. Их устанавливают на специальном фундаменте или на части фундамента здания. Башню крепят к зданию с помощью закладных рам. Башню наращивают секциями 2,5-7м.

Переставные (самоподъемные) краны применяют при строительстве высотных зданий с жестким и прочным металлическим каркасом.

Отличие – короткая башня без портала и наличием охватывающей башню обоймы. башня опирается на опорную балку с откидными упорами. Грузоподъемность 15т.  $M_{гр}=3300кНм$ .

## Самоходные стреловые краны

Это большая группа кранов с высокой транспортной маневренностью, независимым энергоснабжением, разнообразным рабочим оборудованием. Ходовое оборудование – гусеничное и пневмоколесное.

В таких кранах применяют разнообразные стрелы: 1- прямые короткие (основные), 2- удлиненные вставками, 3- с гуськами.

Самоходный стреловой кран состоит из ходовой части, опорно-поворотного устройства, поворотной платформы с крановым оборудованием, стрелового и башенно-стрелового рабочего оборудования, силовой установки, механизмов привода и системы управления.

Основные параметры:

- 1)- масса;
- 2)- грузовой момент;
- 3)- максимальная грузоподъемность;
- 4)- вылет крюка;
- 5)- максимальная высота подъема крюка;
- 6)- глубина опускания крюка;
- 7)- колея ходовой тележки;
- 8)- база тележки;
- 9)- удельное давление на грунт или нагрузка на ходовую ось;
- 10)- скорость подъема;
- 11)- частота вращения поворотной части;
- 12)- рабочая и транспортная скорости перемещения;
- 13)- мощность силовой установки;
- 14)- производительность крана;

По ГОСТ 22827-85 индексы: КА-0000 – для автомобильных кранов; КП-0000 – пневмоколесных; КГ-0000 – гусеничных; КШ-0000 – для кранов на шасси автомобильного типа; КК-0000 – для кранов на короткобазовом шасси.

Первый нуль заменяют на цифру от 1 до 9 (размерная группа) (грузоподъемностью: 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; более 100).

Второй нуль – тип ходового устройства. 1 – гусеничное с минимальной опорной поверхностью; 2 – гусеничное с увеличенной опорной поверхностью; 3 – пневмоколесное; 4 – на специальном шасси автомобильного типа; 5 – шасси грузового автомобиля; 6 – тракторное; 7 – прицепное; 8 – короткобазовое; 9 – резерв для иных ходовых устройств.

Третий нуль – от 6 до 9 исполнение стрелового оборудования (6 – с гибкой канатной подвеской; 7 – с жесткой гидравлической подвеской; 8, 9 – резерв).

Четвертый нуль – порядковый номер модели. Дополнительно буквами – модернизация и специальное климатическое исполнение.

Гусеничные краны. Скорость передвижения 0,5-1 км/ч. Грузоподъемность от 16 до 250т. Длина прямых стрел 10-15м. Индивидуальный электропривод с первичным силовым агрегатом – дизелем и электрогенератором переменного трехфазного тока частотой 50Гц, напряжением 380-220В. Давление на грунт до 0,1МПа.

Приводы всех механизмов – грузового, стрелоподъемного, поворотного, ходового, построены по стандартным схемам: электродвигатель – тормоз – редуктор – рабочий орган. Устойчивость и грузоподъемность кранов зависит от размеров опорного контура базы и колеи.

Пневмоколесные краны. Это краны типов КС и МКП грузоподъемностью 16, 25, 36 и 100т. Ходовое оборудование: двухосное и многоосное (до пяти осей). Скорость передвижения – 5км/ч., транспортирование – 35 км/ч (до 70км/ч). Работа на выносных гидроопорах. В стесненных условиях хорош пневмокран на короткобазовом шасси. Стрела телескопическая из трех секций. С многослойными шинами.

Широко используются в строительстве самоходные стреловые краны на базе двух или трехосных грузовых автомобилей – автомобильные краны. Грузоподъемность 4; 6,3; 10; 16; 25; 32т.

Краны с жесткими (нераздвижными) и телескопическими (раздвижными) стрелами.

Краны на специальных шасси автомобильного типа – для СМР, монтажа технологического оборудования, погрузочно-разгрузочных работ. Грузоподъемность их

25, 40, 50, 63, 100 и 250т (зарубежные модели до 1000т). Специальные шасси (от 3 до 8 осей) воспринимают большие нагрузки. Телескопные стрелки (3-5 секций).

Тракторные краны – в условиях бездорожья. На базе гусеничных и пневмоколесных тракторов. Грузоподъемность не превышает 10т.

Краны-трубоукладчики – для работы на нефтепроводах и газопроводах. База гусеничных тракторов. Для устойчивости с противоположной стороны стрелы установлен откидывающийся противовес (контргруз). Передвигается с грузом на крюке. Для укладки в траншею предварительно сваренного и изолированного трубопровода, одиночных труб, запорной арматуры, перевозки труб и трубных секций (плетей), на монтаже насосных и компрессорных станций. Отечественная промышленность выпускает краны-трубоукладчики грузоподъемностью от 6,3 до 50т, вылет минимально 1,5м, высота подъема крюка – 4,5-7,5м.

Их комплектуют следующими такелажными установками : универсальные канатные стропы, клещевые автоматические захваты, эластичные захваты (полотенца), троллейными подвесками, траверсы с торцевым захватом труб для выгрузки с трубопроводов и штабелировании на складах и базах.

Краны пролетного типа – груз находится в пределах опорного контура. Это козловые, полукозловые, мостовые краны, кран-балки и кабельные краны.

Имеют 2 опоры, перемещаются по рельсам или на пневмоколесах, имеют пролетную часть (мост решетчатой или коробчатой конструкции).

Козловые – на складах и монтажных площадках. Грузоподъемность от 1 до 500т. Пролеты от 9,3 до 50м. Высота подъема 7-30м. Различают общего назначения и специальные (монтажные). Однобалочные и двухбалочные. Решетчатые и коробчатые. Постоянная грузоподъемность по всей площади обслуживаемой зоны, более устойчивы и менее материалоемки по сравнению со стреловыми. Для монтажа цементных печей, котлов, турбогенераторов – 100-125т, пролеты – 20-25м, высота – 12,5-25м. На строительстве АЭС работают козловые краны – 400т.

Полукозловые – Мост опирается на одну жесткую опору и на конструкцию здания. Рельсовый путь. Для монтажа оборудования и погрузочно-разгрузочных работ. Грузоподъемность 10-30т, пролет 11-28м, высота подъема – 16-60м.

Мостовые краны отличаются от козловых тем, что они передвигаются по рельсовым путям, уложенных на колоннах цеха (склада). Однобалочные и двухбалочные. Грузоподъемность от 5 до 500т, пролет 10-32м.

В качестве подъемного механизма у однобалочных мостовых кранов, называемых также кран-балками, используют электротали. Грузоподъемность до 5т, пролет 5-17м. Управляют краном с пола, реже с кабины.

## **Нагрузки, действующие на кран**

Краном воспринимаются следующие нагрузки:

- 1)- вес груза с грузозахватными установками;
- 2)- вес элементов крана, включая противовес;
- 3)- силы инерции, действующие на кран и груз;
- 4)- вес снега и слоя льда при оледенении;
- 5)- давление ветра (скорость напора и конфигурации поверхности).

Различают нагрузки рабочего (1) и нерабочего (2) состояния крана:

- 1)- кран совершает рабочее движение собственными механизмами;
- 2)- по условиям внешней среды кран эксплуатировать не допускается (шторм, ураган, ветер, землетрясение, состояние машины в стадии ремонта или монтажа).

В проектных расчетах массу грузозахватных установок принимают 0,03-0,05 номинальной грузоподъемности; массу крана – по действительным стандартам.

Снеговая нагрузка по СНиП – 50-250 кг/кв.м в зависимости от географической зоны (III зона – 1кН/кв.м).

Масса льда:

$$m_d \approx 0,036(d + 10), \quad (2)$$

где  $t_{\text{воз}} = -5^{\circ}-0^{\circ}\text{C}$  – толщина льда 10-12мм.

$\rho=900\text{кг/куб.м}$  – плотность льда;

$d$  - диаметр оттяжек и канатов;

$q$  - динамическое давление ветра (125-500Па – в зависимости от зоны, типа и режима работы крана);

$K$  - коэффициент, равный 1,6-2,5, учитывает возрастание динамического давления по высоте, характер обтекания объекта воздухом, пульсации скорости ветра.

Ветер:

$$P_{\text{воз}} = q \cdot K, \quad (3)$$

Ветровая нагрузка:

$$P_{\text{в}} = \sum P_{\text{в}i} \cdot F_i, \quad (4)$$

где  $P_{\text{в}i}$  - распределенная ветровая нагрузка на  $i$ -ый элемент с наветренной (теневогой) площадью  $F_i$ .

Если  $F_i$  неизвестна, определяют ее приближенно в зависимости от грузоподъемности  $Q$ :

$$F_i \approx 3,2\sqrt{Q}$$

Ветровую нагрузку учитывают при расчете МК на прочность и выносливость, при проверке грузостойчивости крана на опрокидывание механизмов крана.

Вертикальные составные силы инерции:

$$P_{\text{в.ин.гр.}} = (m_{\text{г}} + m_{\text{гз}}) \cdot a_{\text{г}}, \quad (5)$$

где  $m_{\text{гз}}$ ,  $m_{\text{г}}$  - массы груза и грузозахватных приспособлений;

$a_{\text{г}}$  - ускорение вертикального перемещения груза ((+) – при ускоренном движении, (-) – при замедленном движении).

При вращении поворотной части крана возникают центральные силы инерции  $P_{\text{ц.об.г}}$ , действующие на любой элемент крана, массой  $m_i$  и на груз  $P_{\text{ц.об.г}}$ :

$$P_{\text{ц.об.г}i} = m_i \cdot \omega^2 \cdot r_i, \quad (6)$$

$$P_{\text{ц.об.г}} = (m_{\text{г}} + m_{\text{гз}}) \cdot \omega^2 \cdot r_{\text{г}}, \quad (7)$$

где  $\omega$ - угловое вращение, частота;

$r_i$ ,  $r_{\text{г}}$  - радиусы центра элементарной массы и центра масс груза от оси вращения.

При вращении с переменной скоростью, кроме того действуют касательные силы инерции:

$$P_{\text{т}i} = m_i \cdot \varepsilon \cdot r_i, \quad (8)$$

$$P_{\text{тг}} = (m_{\text{г}} + m_{\text{гз}}) \cdot \varepsilon \cdot r_{\text{г}}, \quad (9)$$

где  $\varepsilon$  - угловое ускорение.

Горизонтальные силы инерции при поступательном передвижении крана с ускорением  $a_{\text{к}}$  равны:

$$P_{\text{г.ин.к}} = m_i \cdot a_{\text{к}}, \quad (10)$$

$$P_{\text{г.ин.г}} = (m_{\text{г}} + m_{\text{гз}}) \cdot a_{\text{к}}, \quad (11)$$

При расчете сил инерции оперируют:

1. массами (при поступательном движении) или моментами инерции (при вращательном движении);
2. механической характеристикой привода (связь момента с частотой вращения вала двигателя);
3. жесткостью связей, соединяющих движущиеся элементы системы.

Устойчивость кранов. Свободно стоящие краны, не закрепленные на фундаменте, подвержены внешним нагрузкам, которые могут привести к их опрокидыванию.

Способность кранов противостоять опрокидыванию относительно некоторой общей с основанием оси (ребра опрокидывания) называют устойчивостью.

Условием устойчивости является равенство моментов относительно возможного ребра опрокидывания, опрокидывающих  $M_{опр}$  кран и удерживающих  $M_{уд}$  его сил или превышений:

$$M_{уд} \geq M_{опр}. \quad (12)$$

Различают продольную и поперечную устойчивость. Устойчивость крана на крюке называют грузовой, а без груза – собственной устойчивостью.

Степень устойчивости кранов определяется коэффициентом устойчивости – это отношение  $M_{уд}$  к  $M_{опр}$ . Коэффициент устойчивости и его методика определения регламентированы правилами ГосГорТехнадзора, а башенных кранов – ГОСТ.

Коэффициент устойчивости должен быть не менее 1,15.

$$K_{уст} = \frac{M_{уд}}{M_{опр}} \geq 1,15. \quad (13)$$

## Устройства безопасности

Строительные краны оборудуют устройствами безопасности (УБ):

- 1)- ограничителями грузоподъемности;
- 2)- ограничителями линейных и угловых перемещений;
- 3)- анемометрами;
- 4)- кренометрами;
- 5)- сигнализаторами приближения;
- 6)- бесконтактные переключатели (электронные, электромагнитные, ультразвуковые, фотоэлектронные) в условиях пыльной и газовой среды, высокой влажности.

Ограничители грузоподъемности для защиты кранов от перегрузок и опрокидывания. При превышении номинальных значений на 10% - стреловые, на 25% - мостовые – автоматически отключают механизмы подъема. Они бывают механические, электромеханические, микропроцессорные. Последние оценивают на табло: 1- вылет и фактическую массу груза; 2- загрузку по грузовому моменту в процентах от допускаемого; 3- скорость ветра. Выдаются звуковые и световые сигналы (при 90% загрузке).

Устанавливают указатели – маятникового или рычажного типов – вылетов и соответствующей им грузоподъемности. Есть сельсинные указатели вылетов (датчики).

Креномеры – для определения угла наклона крана на местности.

Противоугольные захваты – оборудуют ходовые тележки для избежания схода крана с путей и опрокидывания – при сильном ветре. В конце рельсового пути – тупиковые опоры, с буферными устройствами для смягчения удара при наезде крана на упор.

Анемометры – устанавливают вверху на головке крана для обдувания ветром. Они дают сигналы о скорости ветра (сиреной, красной лампой), высота до 15м, пролет 16м. Заземляют все МК на кранах с электроприводом.

К таким УБ относят также:

- 1)- сбрасывающие щитки для очистки рельсов;
- 2)- опорные детали для защиты крана от падения;

- 3)- устройства против выхода каната из ручья блока;
- 4)- устройства от запрокидывания стрелы.

## **Техническое освидетельствование кранов. Технический надзор. Основные положения техники безопасности при их эксплуатации**

Техническим освидетельствованием устанавливается соответствие машины правилам ГосГорТехнадзора, паспортным данным и представленным документации: ее исправность, обеспечивающей безопасную работу; соответствия требованиям Правил организации надзора и обслуживания машины.

Полное ТО – осмотр машины, статические и динамические испытания. Частичное включает только осмотр.

Осмотру и проверке подлежат: 1- механизмы и электрооборудование; 2- приборы безопасности; 3- тормоза; 4- ходовые устройства (колеса) и аппараты управления.

Только проверке – освещение, сигнализация, габариты, состояние МК, кабины, лестницы, площадки и ограждения, состояние крюка (не реже одного раза в 12 месяцев), ходовых колес, блоков, барабанов, элементов тормозов, расстояние между крюковой подвеской и упором, состояние изоляции проводов и заземления с определением их сопротивления, соответствие массы противовеса и балласта их паспорту, состояние кранового пути, состояние канатов и их крепления.

Статические испытания с целью проверки прочности машины нагрузкой на 25% выше грузоподъемности. Груз поднимают на высоту 100-200мм с выдержкой в 10мин. Кран считается исправным, если груз за это время не опустится на землю и не будет обнаружено трещин, остаточных деформаций и других повреждений в МК и механизмах.

Динамические испытания с целью проверки действия механизмов и тормозов, нагрузкой на 10% превышающей грузоподъемность. Многократно поднимают и опускают груз.

Осмотр траверс, клещей, захватов, тары проводят ежемесячно, стропов – каждые 10 дней, редко используемые приспособления – перед выдачей их в работу.

К управлению и обслуживанию ГМ допускаются лица, не моложе 18-ти лет, прошедшие курс обучения.

Запрещается по ТБ:

- 1)- подъем груза с массой, превышающей допустимую для данного вылета;
- 2)- подъем грузов в неустойчивом состоянии;
- 3)- отрыв грузов (примерзших, заваленных, заложенных, залитых бетоном, прикрепленных болтами к основанию);
- 4)- подтаскивание грузов по земле при косом натяжении канатов;
- 5)- оттягивание груза в процессе подъема;
- 6)- использование концевых выключателей в качестве рабочих органов для автоматической остановки;
- 7)- вывод из действия тормозов механизмов и приборов безопасности;
- 8)- поднимать людей;
- 9)- находится под стрелой грузом;
- 10)- перемещать грузы над людьми.

## Раздел VIII Машины и оборудования для земляных работ

### Виды земляных сооружений и способы их возведения. Рабочие органы землеройных машин и их классификация

Земляные сооружения - это устройство в грунте, полученные в результате его удаления за пределы сооружений, или из грунта, внесенного в сооружения из вне. Это: 1-выемки; 2-насыпи. Различают выемки: котлованы, траншеи, канавы, кюветы, ямы, скважины и шпурсы, каналы.

Грунт из выемок укладывают рядом в КАВАЛЬЕРЫ для обратных засыпок. Для насыпей грунт доставляют из боковых РЕЗЕРВУАРОВ. Различают временные и длительного пользования земляные сооружения. 1-траншеи; 2-дорожные насыпи, дамбы, плотины.

О способах разработки грунтов. Наиболее энергоёмкая операция - отделение грунта от массива (разрушение грунта).

Способы разделяют в зависимости от способа разрушения. Наибольшее применение - это механическое разрушение грунтов (резание). Различают статистическое (2-2,5 м/с) и динамическое (ударное и вибро) разрушение грунтов (зависит от скорости и характера воздействия режущего инструмента (рабочего органа).

Энергоёмкость механического разрушения грунта равна 0,05-0,5 кВтч/м<sup>3</sup>. Им выполняют 85% всего объёма земляных работ в строительстве.

Есть комбинированные способы: 1-газомеханический; 2-гидравлический (гидромониторы, землесосные товары); 3- гидромеханические, Э= 4квтч/м<sup>3</sup> (50-60 метров виды на 1 м. 3 гр.); 4- взрывной (термомеханический и термпневматический, электрогидравлический).

Реже применяют физические способы разрушения грунтов (прожигания, оттаивания, токи высокой частоты, ультразвук, электромагнитной и инфракрасной энергии). Выбор способа зависит от прочности грунта, мерзлоты (сезонного промерзания).

Немного о свойствах грунта. Это выветрившийся горные породы, образующие кору земли. Различают скальные (граниты, песчаники, известняки и т.п.), полускальные (мергели, гипсоносные конгломераты, окаменевшие глины), крупнообломочные, песчаные, глинистые.

По грансоставу: глинистые, пылеватые, песчаные, гравийные, галечные и щебеночные, валуны, камни, глины, суглинки, супеси, пески чаще всего в строительстве.

#### Классификация грунтов на 8 категорий по профессору А. Н. Зеленину:

категория грунта	плотность, т/куб. м	число ударов плотномера ДорНИИ	коэффициент разрыхления	удельное сопротивление, кПа					
				резанию:	копанию при работе:			экскаваторами непрерывного действия	
					прямые, обратными лопатками	драглайнами	поперечного копания		траншейными
							роторными	цепными	
I	1,2-1,5	1-4	1,08-1,17	12-65	18-80	30-120	40-130	50-180	70-230
II	1,4-1,9	5-8	1,14-1,28	58-130	70-180	120-150	120-250	150-300	210-400
III	1,6-2	9-16	1,24-1,3	120-200	160-280	220-400	200-380	240-450	380-660

IV	1,9-2,2	17-35	1,26-1,37	180-300	220-400	280-490	300-550	370-650	650-800
V	2,2-2,5	36-70	1,3-1,42	280-500	330-650	400-750	520-760	580-850	700-1200
VI	2,2-2,6	71-140	1,4-1,45	400-800	450-950	550-1000	700-1200	750-1500	1000-2200
VII	2,3-2,6	141-280	1,4-1,45	1000-3500	1200-4000	1400-4500	1800-5000	2200-5500	2000-6000
VIII	2,5-2,8	281-560	1,4-1,6	-	220-250	230-310	-	-	-

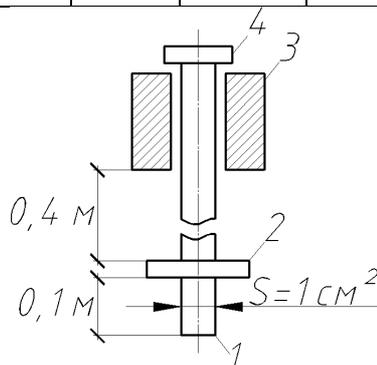


Рис.7.1. Конструкция плотномера (ДорНИИ): 1-металлический стержень; 2-шайба-упор (нижняя); 3-груз, массой 2,5т; 4-шайба-упор (верхняя).

Груз совершает работу в 1 Дж.

Плотность грунта оценивают числом ударов, соответствующим внедрению в грунт стержня до упора в нижнюю шайбу.

Вот характеристики грунтов, влияющие на процесс их взаимодействия с землеройными и грунтоуплотняющими рабочими органами.

1 - Влажность (оптимальная - пески - 8 - 14%, глина 20-30%);

2 – Коэффициент разрыхления - пески - 1, 0,8-1,15- мерзлый грунт 1,45 - 1,6;

3 - Коэффициент остаточного разрыхления -пески - 1,02- 1,05; скальные 1,2 - 1,3 и суглинки;

4 - Уплотняемость - коэффициент уплотнения 0,9- 0,1;

5 - Прочность и деформируемость;

6 - Силы внутреннего и внешнего трения - коэффициенты: внутреннее трение-0,18-0,7 внешнее трение 0,15-0,55;

7 - Изнашивание (абразивность);

8 – Липкость.

По трудности разработки грунты делят на 8 категорий:

I - категория - песок, супесь, мягкий суглинок средней крепости влажный и разрыхленный без включений;

II - суглинок, без включений, мелкий и средний гравий, мягкой влажности или разрыхления глины;

III - крепкий суглинок, глина средней крепости влажности или разрыхления, аргиллиты и алевролиты;

IV - крепкий суглинок, крепкая влажность, глина, сланцы, конгломераты;

V - сланцы, конгломераты отвердевшие глина и лесс, очень крепкий мел, гипс, песчаники, мягкие известняки, скальные и мерзлые породы;

VI - ракушечники, конгломераты, крупные сланцы, известняки, песчаники средней крепости, мел, гипс, очень крепкий. Опoki и Мергель;

VII - известняки, мерзлый грунт средней крепости;

VIII - скальные и мерзлые грунты (породы), очень хорошо взорванные (куски не более 1/3 ширины ковша).

Кратко о рабочих органах машин и их взаимодействиях с грунтом.

Рабочие органы, с помощью которых грунт отделяют от массива (ковши, отвалы, зубья) называют землеройными. Землеройные рабочие органы называют ковшовыми, отвальными, зубья рыхлители.

Отвалы оснащают в нижней части ножами - ножевые отвалы.

Режущая часть земляных работ органа имеет форму заостренного клина, ограниченного передней 1 и задней, 2 гранями, линию пересечения которых называют режущей кромкой. Угол  $\beta$ , образуемый с направлением движения клина его передней гранью, называется углом резания. Угол  $\theta$ , образующий с тем же направлением задней гранью - задним углом. Усилие  $P$ , с которым клин воздействует на грунт называют усилием капания, а равные ему по модулю, но противоположно направленные усилия  $P_0$  - сопротивления грунта копанью.

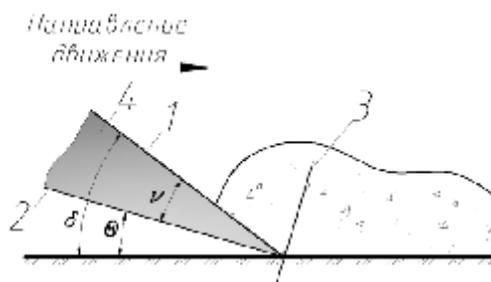


Рис.7.2. Параметры режущего клина: 1-передняя грань; 2-задняя грань;  $\beta$  – угол резания;  $\theta$  – задний угол; 3-линия пересечения граней или режущая кромка; 4-заостренный клин;  $\nu$  – угол заострения.

Запишем другие составляющие сопротивления грунта копанью:

1- Сила трения между рабочим органом и грунтом;

2- Сопротивления перемещению призмы грунта перед рабочими органами (призма волочения);

3- Сопротивления перемещения грунта в ковш (при ковшевом рабочем органе);

4- Сопротивления перемещения грунта по отвалу (при овальном рабочем органе).

По методу Н.Г.Долбровского - В.П. Горячкина сопротивления грунта резанию равно -

$$P_p = K_1^1 \cdot b \cdot c, (\text{кН}) \quad (1)$$

$K_1$  - удельное сопротивление грунта резанию, кПа (см. табл);

$b$  - ширина стружки (размер поперечного сечения грунтового среза);

$c$  - толщина стружки.

Разберём общую классификацию машины и оборудования для разборки грунтов.

Их классифицируют по назначению:

1 - землеройные

2 - землеройно-транспортные

3 - бурильные

4 - оборудование гидромеханизации

По режиму работы: циклического и непрерывного действия.

По степени подвижности: к передвижным самоходным, прицепным стационарным и полустационарным.

Землеройные машины для отрывки и перемещения грунта в пределах зоны досягаемости рабочего органа в отвал либо в транспорт (одно-, многоковшовые и роторные экскаваторы).

Землеройно-транспортные - для послойной разработки грунта и перемещения его на большее расстояние (бульдозеры, скреперы, грейдеры, грейдеры - элеваторы)

Бурильные машины - для бурения скважин, шпуров. Они позиционного действия.

Средства гидромеханизации - для разрезки гр. с использованием скоростного напора струи, воды или водяного потока.

Машины и оборудования для уплотнения грунтов, для разработки мёрзлых грунтов.

## **Общая классификация одноковшовых экскаваторов (назначение, устройство, рабочие процессы, технологические возможности, производительность, область применения).**

### **Прямая и обратная лопата, драглайн, грейфер**

Сменное рабочее оборудование. (О.Э.)

Одноковшовыми экскаваторами называют позиционные землеройные машины циклического действия, оборудованные ковшовым рабочим органом. Рабочий цикл О.Э. состоит из последовательно выполняемых операций копания грунта, его перемещения в ковше к месту отсыпки, разгрузки ковша с отсыпкой грунта в отвал или транспортное средство и возвращения ковша на позицию начала следующего рабочего цикла. Это называют экскавацией. После отработки элемента забоя экскаватор перемещают на новую позицию. О.Э. классифицируют:

1-по назначению: строительные, строительно-карьерные, карьерные, вскрышные, туннельные, шахтные;

2-по виду рабочего оборудования: прямая и обратная лопата, драглайн, грейфер, планировщик;

3-по исполнению рабочего оборудования: канатные, гидравлические

4-по виду ходовых устройств: пневмоколесные (автомобильные и тракторные базы), гусеничные, шагающие;

5-по возможности вращения поворотной части: полноповоротные и неполноповоротные;

6- по числу установленных двигателей: одно- и многомоторные.

О.Э. Могут иметь крановое, сваебойное, трамбовочное и другое сменное оборудование. С одним видом рабочего оборудования – специальные, а укомплектованные сменными видами рабочего оборудования – универсальными.

Строительные экскаваторы предназначены для разработки грунта до IV категории без предварительного разрыхления, мерзлые и скальные после их разрыхления. Гидравлические экскаваторы используются в 80% в общем объеме производства.

Главным параметром ОЭ является его масса. В зависимости от массы они подразделяются на размерные группы.

Размерные группы характеризуются набором основных параметров:

- 1)- мощность силовой установки;
- 2)- вместимость ковша;
- 3)- усилие на его зубьях;
- 4)- размеры рабочей зоны;
- 5)- продолжительность рабочего цикла;
- 6)- скорости передвижения;
- 7)- частота вращения поворотной платформы;
- 8)- преодолеваемые уклоны;
- 9)- удельное давление на грунт;
- 10)- нагрузка на ось;
- 11)- габаритные размеры и другие.

размерная группа	масса унив-х О.Э., т	
	свыше	до
1	-	6,3
2	6,3	10
3	10	18
4	18	32

5	32	50
6	50	71

Индексы. О. Э. – ЭО-0000:

1цифра – размерная группа;

2цифра – тип ходового устройства(1. гусеничные, 2. гусеничные с увеличенной опорной поверхностью, 3. пневмоколесные, 4. спец шасси автомобильного типа, 5. шасси грузового автомобиля, 6. на базе трактора);

3цифра тип подвески рабочего оборудования (1 и 2 – с гибкой и жесткой подвеской, 3 – телескопическое рабочее оборудование);

4цифра – номер модели экскаватора.

Например ЭО-4123:

Экскаватор одноковшовый, строительный, универсальный, 4 размерной группы с гусеничным ходовым устройством, с увеличенной опорной поверхностью, жесткой подвеской рабочего оборудования, третьей модели. Буквами далее – очередная модернизация и климатическое исполнение.

.Техническая производительность О. Э.:

$$P_{\tau} = \frac{3600 \cdot q \cdot K_{\kappa}}{K_p \cdot (t_{\kappa} + t_{\text{пер}}/n_{\kappa})}, \quad (2)$$

где q - емкость ковша;

$K_{\kappa}$  - коэффициент наполнения;

$K_p$  - коэффициент разрыхления грунта;

$t_{\kappa}$  - продолжительность рабочего цикла;

$t_{\text{пер}}$  - продолжительность одной передвижки на новую позицию;

$n_{\kappa}$  - число рабочих циклов на одной позиции.

Эксплуатационная производительность:

$$P_{\Sigma} = P_{\tau} \cdot T_p \cdot K_{\Sigma}, \quad (3)$$

где  $T_p$  - продолжительность периода работы экскаватора;

$K_{\Sigma}$  - коэффициент использования во времени (при односменной работе  $K_{\Sigma}=0,2-0,25$ ).

Основные рабочие органы гидравлических экскаваторов являются ковш обратной и прямой лопат, погрузчика и грейфера.

Сменные рабочие органы: бульдозерные отвалы, однозубые и многозубые рыхлители, гидромолоты, крановые подвески, разные модификации грейферов и захватов, шнековые буры.

Экскаватор состоит из базовой части и рабочего оборудования.

Базовая часть: состоит из ходовой тележки с нижней рамой, опорно-поворотного устройства, поворотной платформы с насосно-силовой установкой, узлов гидравлической системы привода и кабины машиниста.

Рабочее оборудование – обратная лопата включает последовательно соединенные между собой шарнирами стрелу, рукоять и ковш. Оно предназначено для разработки грунтов в основном ниже уровня стоянки экскаватора.

Рабочая зона полноповоротного экскаватора – это часть пространства, ограниченного тороидальной поверхностью, радиальное сечение которой, называется осевым продольным профилем рабочей зоны.

По нему определяют рабочие размеры:

$H_{\text{max}}$  – максимальную глубину копания;

$R_{\text{кmax}}$  – радиус копания на уровне стоянки экскаватора;

$H_{\text{вmax}}$  – высоту выгрузки.

Рабочее оборудование – прямая лопата – для разработки грунта выше уровня стоянки экскаватора состоит из стрелы, рукояти и ковша. Стрела короче, чем у обратной лопаты.

Привод стрелы обеспечивается двумя гидроцилиндрами, а рукояти одним. Относительно рукояти ковша могут быть поворотными и неповоротными. Такой экскаватор разрабатывает грунт движением ковша снизу (от уровня стоянки экскаватора) вверх (до верхнего обреза забоя).

Рабочее оборудование – грейфер – используют для отрывки рабочих котлованов, очистки водоемов и каналов, для разгрузки и погрузки сыпучих материалов. Оно состоит из двухчелюстного ковша, установленного на нижнем конце штанги, подвешенной к рукояти обратной лопаты на двух цилиндрических шарнирах, позволяющих ковшу занять отвесное положение. Челюсти раскрываются гидроцилиндрами.

Для начала работы ковш с раскрытыми челюстями опускают на захватываемый материал, затем их замыкают. Ковш внедряется в материал и заполняется им. Затем его поднимают рукоятью из выемки с поворотом платформы на разгрузку. Ковш разгружают размыканием челюстей. Для рыхления прочных и мерзлых грунтов экскаваторы комплектуют оборудованием: однозубым рыхлителем, гидромолотом (разрушение скальных пород, взламывание асфальта при ремонте дорог).

Драглайном называют рабочее оборудование О. Э. с ковшом, подвешенным к стреле на подъемном канате и перемещаемым при копании грунта тяговым канатом.

Строительные драглайны с ковшами 0,3 до 3 куб.м для разгрузки грунта ниже уровня стоянки при отрывке котлованов и траншей, при подводной разработке выемок, погрузки и разгрузки сыпучих и дробленых материалов. Они работают преимущественно с разгрузкой в отвал.

Сменные рабочие органы (гидромолоты, гидротрамповки, рыхлители, вилочные захваты, грейферы, клещевые захваты, планировочные отвалы и др.) Экскаваторы – планировщики, неполноповоротные экскаваторы, мини экскаваторы ( $q_k=0,03-0,2$ куб.м) в стесненных и труднодоступных местах, внутри зданий, при ремонтных работах, микро-экскаваторы ( $b=1$ м,  $q_k=0,02$ куб.м)

## **Классификация экскаваторов непрерывного действия (Э.Н.Д.). Назначение, область применения, устройство, рабочий процесс, технологические возможности и производительность траншейных и цепных экскаваторов**

Э. Н. Д. – это землеройные машины, непрерывно разрабатывающие грунт с одновременной погрузкой его в транспорт или в отвал. Рабочий орган оборудован несколькими ковшами, скребками, резцами, поочередно отделяющими грунт от массива. Их крепят на едином рабочем органе – роторе или замкнутой цепи.

Их классифицируют по:

назначению или виду выполняемых работ:

- а) траншейные;
- б) карьерные;
- в) строительно-карьерные;

по типу рабочего органа:

- а) роторные;
- б) цепные (скребковый, фрезерный);

по способу копания:

- а) продольного;
- б) поперечного.

Роторы применяют для разработки траншей ограниченной глубины (до 3 м). Цепные глубиной до 6м и более. Их применяют для разработки однородных грунтов до IV категории. Крупные каменистые включения снижают ресурс этих машин. Для мерзлых

грунтов главный параметр траншейных экскаваторов глубина отрываемой траншеи, масса и мощность двигателя.

ЭТР-254 – экскаватор траншейный роторный четвертой модели для разработки траншей глубиной 2,5м.

ЭТЦ-165 – экскаватор траншейный цепной пятой модели для разработки траншей глубиной до 1,6м.

Траншейный экскаватор состоит из двух частей – тягача и рабочего оборудования, соединенных между собой полуприцепной или навесной схемами.

Рабочее оборудование траншейного экскаватора обеспечивает отрыв от массива грунта в траншее проектной глубины и ширины с откосами или без них, полный вынос его из траншеи и отсыпку в бруствер (кавалер) рядом с траншеей. Последнюю операцию выполняет ленточный отвальный конвейер, установленный перпендикулярно продольной оси траншеи в полости ротора (на роторных экскаваторах) или на тягаче (на цепных). Для разработки узких траншей (щелей) применяют бесконвейерные скребковые фрезерные траншейные экскаваторы.

Техническая производительность:

$$\Pi_{\tau} = F_{\tau\sigma} \cdot V_{\sigma} \quad (4)$$

где  $F_{\tau\sigma}$  - площадь поперечного сечения;

$V_{\sigma}$  - скорость подачи.

Рабочее оборудование траншейного экскаватора состоит из:

- 1)- рабочего колеса (ротора), установленного на поддерживающих и направляющих роликах рабочей рамы;
- 2)- закрепленной на раме обечайки;
- 3)- ножевых откосников;
- 4)- зачистного щита;
- 5)- задней опоры;
- 6)- отвального конвейера.

Его техническая производительность:

$$\Pi_{\tau} = 60 \cdot q \cdot z \cdot n \cdot \frac{K_{\sigma}}{K_{\rho}} \quad (5)$$

где  $q$  - емкость ковша;

$z$  - количество ковшей;

$n$  - частота вращения ротора;

$K_{\sigma}$  - 0,8-0,9 – коэффициент наполнения ковшей;

$K_{\rho}$  - коэффициент разрыхления грунта.

Рабочее оборудование цепного траншейного экскаватора состоит из рамы, двух ведущих звездочек или приводного граненого барабана, установленных в верхней части рамы, двух натяжных колес и огибающей их опирающейся на ролики замкнутой длиннозвенной цепи, на которой с определенным шагом закреплены ковши.

Техническая производительность:

$$\Pi_{\tau} = 3600 \cdot q \cdot V_{\sigma} \cdot \frac{K_{\sigma}}{K_{\rho}} \cdot t \quad (6)$$

где  $V_{\sigma}$  - скорость рабочей зоны;

$t$  - шаг рабочих органов.

Роторные экскаваторы поперечного копания – на вскрышных работах, карьерной добычи строительных материалов, в разработке больших котлованов, для возведения насыпей, дамб, плотин, на складах сыпучих материалов.

Цепные экскаваторы поперечного копания – для добычи строительных материалов (глины в карьерах кирпичных заводов). Производительность 45куб.м/ч при глубине карьера до 8,5м. Энергоемкость – 0,39-1,33кВт/куб.м.

## **Классификация землеройно-транспортных машин. Виды рабочих органов (бульдозер, скреперы, автогрейдеры, грейдер-элеватор, кусторезы, корчеватели, рыхлители)**

### **Назначение, устройство, рабочий процесс, производительность бульдозеров**

Землеройно-транспортными (ЗТМ) называют строительные машины, отделяющие грунт от массива тяговым усилием с последующим его перемещением к месту отсыпки собственным ходом.

Основные рабочие операции: послойная разработка грунта, его транспортировка, укладка в основание строительного объекта или отвал, планировка земляных поверхностей.

В зависимости от вида рабочего органа различают:

- 1- ковшевые ЗТМ (скреперы);
- 2- отвальные ЗТМ (бульдозеры, автогрейдеры).

Рабочий процесс включает 2 характерных режима: тяговой и транспортный.

Бульдозер – это ЗТМ с отвальным рабочим органом.

Основное назначение: послойная разработка грунта с последующим его перемещением перед отвалом по поверхности земли на небольшие расстояния (150м). Для:

- 1- снятия плодородного поверхностного слоя грунта при подготовке строительных площадок;
- 2- перемещения грунта в зону действия О. Э. при погрузке его в транспорт или отвал;
- 3- разработки неглубоких каналов;
- 4- зачистки пологих откосов;
- 5- при сооружении насыпей из резервов;
- 6- на планируемых работах при зачистке оснований под фундаменты зданий и сооружений, планировке площадей и трасс;
- 7- устройстве и содержании в исправности подъездных дорог, выездов на насыпи и выезды из выемок;
- 8- на косогорах;
- 9- при обратной засыпке траншей и пазух фундаментов;
- 10- разравнивания грунта в отвалах;
- 11- штабелирования и перемещения сыпучих материалов;
- 12- на подготовительных работах ( валка деревьев, среза кустарника, корчевка пней, удаление камней, расчистка от мусора (снега));
- 13- на вскрышных работах;
- 14- в качестве толкачей скреперов.

Различают бульдозеры:

- 1- малогабаритные с силой тягой до 25кН и мощностью до 45кВт;
- 2- легкие – 25-135кН, 45-120кВт;
- 3- средние – 135-200кН, 120-150кВт;
- 4- тяжелые – 200-300кН, 150-225кВт;
- 5- сверхтяжелые – более 300кН, более 225кВт.

Он состоит:

- 1- базового трактора;

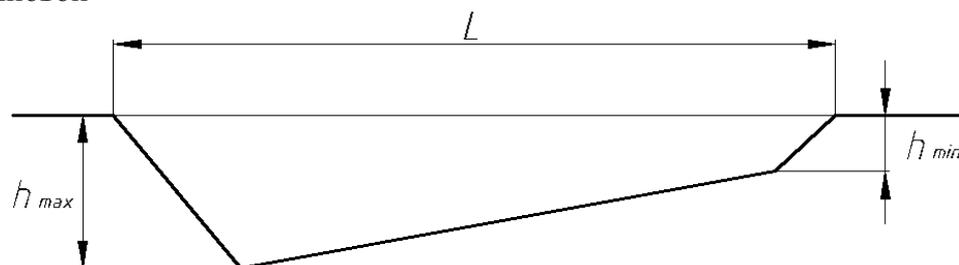
- 2- навесного рабочего органа (отвала) с ножами, с шарнирами и с 2 толкающими брусками;
- 3- гидросистемы управления отвалом.

Рабочий цикл (с неповоротным отвалом) бульдозера состоит:

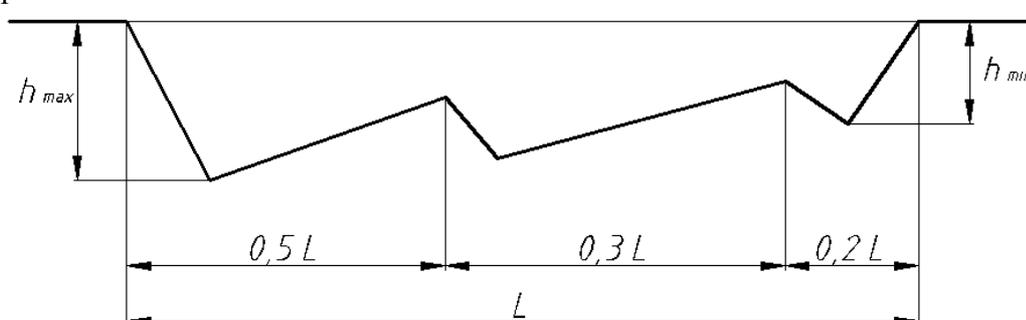
- 1- копание грунта (образование призмы волочения);
- 2- транспортирование грунта волоком перед отвалом к месту укладки;
- 3- разгрузка отвала;
- 4- возвращение на исходную позицию.

Грунт разрабатывают двумя способами:

- 1- клиновой



- 2- гребенчатый



Потери зависят от вида грунта и дальности транспортировки.

Дополнительные устройства к отвалам: лобовые щитки, уширители, открьлки – производительность увеличивается в 1,7-1,8 раза. Работы нескольких бульдозеров, провальный выбор трассы транспортировки грунта, траншейный способ, устройство промежуточных валиков, работа под уклон.

Техническая производительность:

1. При разработке выемок равна приведенному к плотному состоянию объему грунта, вынутого из выемки за 1 ч. непрерывной работы.

$$\Pi_{тв} = \frac{3600 \cdot V_{пр}}{t_{ц} \cdot K_p} \quad (1)$$

$$V_{пр} = B \cdot H^2 \cdot K_{пр}, \quad (2)$$

где  $V_{пр}$  - объем призмы волочения в конце копания в разрыхленном состоянии,  $m^3$ ;

$t_{ц}$  - продолжительность цикла, с;

$K_p$  - коэффициент разработки грунта;

$B$  – ширина;

$H$  – высота отвала, м;

$K_{пр}$  - коэффициент пропорциональности (зависит от крутизны откоса в призме и отношения  $H/B$ );

$H/B=0,15-0,45$  -  $K_{пр}=0,65$  (глины, суглинки)

$K_{пр}=0,35-0,45$  (пески, супеси).

При движении передним ходом с разворотами в конце:

$$t_{\text{п}} = 3,6 \cdot \left[ \frac{l_k}{V_p} + \frac{l_k}{V_r} + (l_k + l_T) \cdot V_{\text{мк}} \right] + t_{\text{п}} + t_y; \quad (3)$$

При возвратном движении задним ходом:

$$t_{\text{п}} = 3,6 \cdot \left[ \frac{l_k}{V_p} + \frac{l_k}{V_r} + (l_k + l_T) \cdot V_{\text{зк}} \right] + t_y, \quad (4)$$

где  $l_k, l_T$  - длины участков копания и транспортирования, м;

$V_p, V_T, V_{\text{зк}}, V_{\text{мк}}$  - скорости рабочего, транспортного, возвратного вперед и назад ходов, км/ч;

$t_y, t_{\text{п}}$  - время на повороты и управление машиной за 1 рабочий цикл, с.

2. При возведении насыпей (учитывают потери при транспортировке через края отвала в боковые валики):

$\Pi_{\text{ТН}} = \Pi_{\text{ТБ}} \cdot K_{\text{п}}$ , где  $K_{\text{п}}$  - коэффициент потери грунта (3-6% от текущего объема призмы волочения).

3. На планировочных работах:

$$\Pi_{\text{т}} = 3600 \cdot L \cdot [B \cdot n - b(n - 1)] / t_{\text{г}}, \quad (\text{м}^2/\text{ч}) \quad (5)$$

где  $L$  - длина планируемого участка, м;

$B$  - ширина захвата, м;

$n$  - число полос планировки;

$b$  - ширина полосы перекрытия между смежными;

$t_{\text{г}}$  - суммарная продолжительность планировки, с.

$$t_{\text{г}} = \left[ 3,6 \left( \frac{L}{V_p} + t_y \right) \cdot n + t_{\text{п}} \cdot (n - 1) \right] \cdot z, \quad (6)$$

при движении для последующих проходов с разворотами машины;

$$t_{\text{г}} = \left[ 3,6 \left( \frac{L}{V_p} + t_y \right) \cdot n + 3,6 \cdot L \cdot (n - 1) / V_{\text{зк}} \right] \cdot z, \quad (7)$$

при холостом заднем ходе (челночная схема);

где  $z$  - число повторных проходов по одному следу.

По челночной схеме работа производительнее, чем с разворотами, но при условии  $L < V_{\text{зк}} \cdot t_{\text{п}} / 3,6$ .

## Назначение, область применения, устройство, рабочий процесс, производительность скреперов.

Скрепер – это ЗТМ с ковшем для послойной разработки грунта, его транспортирования и отсыпки в земляные сооружения.

Ими разрабатывают грунты I и II категории, а III и IV – после рыхления.

Не рекомендуется применять для разработки заболоченных, несвязных переувлажненных грунтов, с большими каменистыми включениями.

Дальность возки грунта: гусеничные тягочи 100-800м; колесные – 300-3000м.

Рабочий цикл – копание (заполнение ковша ( $q_{\text{ковша}} = 5 - 46 \text{ м}^3$ , удельный расход энергии 3,2-6 кВт·ч/м<sup>3</sup>)), транспортировка грунта к месту укладки, его отсыпка и возврат на исходную позицию.

Главные параметры скрепера – вместимость ковша. От него различают:

- 1- скреперы малой вместимости (до 4 куб. м);
- 2- скреперы средней вместимости (5-12 куб. м);
- 3- скреперы большой вместимости (15 и более куб. м).

Скрепер состоит из тягача и рабочего оборудования. По способу соединения различают: 1. прицепные; 2. полуприцепные; 3. самоходные.

Первые колесные скреперы с конной тягой созданы в 70-е годы XVIIIв. 1970г. Т. Шмайзером. Создан скрепер (5,4 куб. м) с гидроуправляемым ковшом от колес трактора. Массовое применение в России в 20-е годы XX века на Туркестано-Сибирской дороге. После 50-х годов емкость ковша составляет 46 куб. м при мощности тягача 440 кВт.

Устройство и принцип работы скрепера. Тягач соединен с рабочим органом сцепляемым устройством в виде 2-х шарниров, что позволяет тягачу поворачиваться и перекашиваться относительно рабочего оборудования. Оно включает ковш (опирается задней частью на колеса, а передняя через тяговую раму опирается на тягач). Ковш ограничен днищем и боковыми стенками. Впереди он закрывается заслонкой гидроцилиндрами, сзади выдвигной стенкой, перемещаемой при разгрузке.

Наиболее энергоемкая операция копания грунта. Ковш наполняется грунтом = 6-15 куб.м на длине 9-15 метров при средней толщине стружки 0,09-0,16м (глины) и 0,02-0,35м (пески). Применяют клиновой, гребенчатый и клевковый способы. Предельная крутизна спусков для груженых скреперов – 20-25%, порожних – 25-30%. Меньше для самоходных, больше для прицепных.

Техническая производительность скреперов:

$$\Pi_T = \frac{3600 \cdot q \cdot K_H}{K_p \cdot t_{\text{ц}}} \quad (8)$$

где  $q$  – геометрическая емкость ковша;

$K_H$  – коэффициент наполнения (пески – 0,6-0,9; глины – 1-1,1; супеси, суглинки – 1,1-1,2; черноземы – 1,1-1,25);

$t_{\text{ц}}$  – продолжительность рабочего цикла;

$K_p$  – коэффициент разрыхленности. грунта.

$$t_{\text{ц}} = 3,6 \cdot \left[ \frac{l_k}{v_k} + \frac{l_{\text{тг}}}{v_{\text{тг}}} + \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_{\text{тп}}}{v_{\text{тп}}} \right] + t_{\text{п}} \cdot n, \quad (9)$$

где  $l_k$ ,  $l_{\text{тг}}$ ,  $l_p$ ,  $l_{\text{тп}}$  – длина пути копания, передвижения груженого, разгрузки, передвижение порожнего;

$v_k$ ,  $v_{\text{тг}}$ ,  $v_p$ ,  $v_{\text{тп}}$  – скорости передвижения на этих путях;

$t_{\text{п}}$  – продолжительность одного поворота (средняя 12-15 сек);

$n$  – число поворотов за рабочий цикл.

$$l_k = \frac{q \cdot K_H}{B \cdot C_{\text{ср}} \cdot K_p}, \quad (\text{длина пути копания}) \quad (10)$$

$$l_p = \frac{q \cdot K_H}{B \cdot h}, \quad (\text{длина пути разгрузки}) \quad (11)$$

где  $B$  – ширина ковша;

$C_{\text{ср}}$  – средняя толщина грунтовой стружки;

$h$  – толщина слоя отсыпки грунта;

Длины  $l_{\text{тг}}$ ,  $l_{\text{тп}}$ ,  $n$  определяются в соответствии со схемой передвижения скрепера.

$$V_k = 0,65 \div 0,8 \cdot V, \quad (12)$$

где  $V$  – паспортная скорость тягача на первой передаче.

$$V_p = 0,75 \cdot V. \quad (13)$$

Эксплуатационная производительность:

$$\Pi_э = \Pi_T \cdot K_э, \quad (14)$$

где  $K_{\text{в}}$  - коэффициент использования скрепера во времени ( $K_{\text{в}}=0,8-0,9$  – при сменной,  $0,5-0,65$  – месячной,  $0,4-0,5$  – годовой производительности).

## Назначение, область применения, устройство, рабочий процесс и производительность автогрейдеров и грейдер-элеваторов.

Автогрейдер – это ЗТМ на пневмоколесном ходу с отвальным рабочим органом, предназначенная для послойной разработки грунтов I и II категорий и планировки земляных поверхностей при строительстве и содержании автомобильных и железных дорог, аэродромов, при ПГС, ГТС и ирригационном строительстве.

Ими профилируют и планируют поверхности при возведении насыпей высотой до 0,6м, отрывают и очищают кюветы и каналы, сооружают корыта для дорожных оснований, перемешивают и разравнивают грунт, щебень, гравий и вяжущие материалы, разрушают дорожные покрытия при ремонте дорог, расчищают от снега дороги и площади.

В зависимости от массы и мощности их разделяют на:

1. легкие (до 9т, 50кВт);
2. средние (до 13т, 75кВт);
3. тяжелые (до 19т, 150кВт);
4. особо тяжелые (более 19т, более 150кВт). Бывают 2-х и 3-х основные.

Особенности конструкций ходовых устройств – это колесная формула –  $A*B*C$ , где А, В, С – число осей соответственно управляемых, ведущих и общее.

Наиболее распространен в строительстве 3-х основной автогрейдер с двумя ведущими задними осями и передней осью с управляемыми колесами –  $1*2*3$ .

Различают с механической (легкие) и гидромеханической системами привода.

Рабочий орган – отвал, находящийся в середине машины между передними и задними колесами на поворотном круге на тяговой раме.

Отвал может быть дооборудован специальными приставками (специальные откосники): для одновременной планировки подошвы и откоса насыпи, бровки и откоса выемки, профилирования придорожных канав и т.п.

Рабочий процесс включает: копание грунта, его перемещение и укладку с разравниванием в земляном сооружении. Отвал устанавливают режущей кромкой параллельно его поверхности и наклонно  $10-15^\circ$ .

Угол резания –  $35-45^\circ$ , угол захвата –  $35-50^\circ$ .

Схемы движения: круговые, челночные.

Опирается на все 6 колес независимо от рельефа местности.

Техническая производительность автогрейдера определяется как для бульдозера:

$$P_r = 3600 \cdot L \cdot [B \cdot n - b(n - 1)] / t_g. \quad (15)$$

Грейдер-элеватор – это ЗТМ непрерывного действия. Предназначен для послойной разработки грунта и возведений насыпи высотой до 1,5м для гидромелиоративных сооружений.

Они могут быть выполнены навесные, прицепные или полуприцепные, технологические орудия к гусеничным или колесным тягачам и тракторам, и как самоходные ЗТМ.

Рабочий орган в виде дискового ножа, полукруглого ножа или системы плоских ножей, а для его перемещения к месту отсыпки – один или два ленточных конвейера с неизменной ориентацией относительно рамы машины или с возможностью поворота в зависимости от направления отсыпки (разгрузки) грунта.

Рабочий процесс состоит из последовательных проходов машины по обрабатываемому участку с разворотами на его концах.

Эксплуатационная производительность:

$$\Pi_3 = \frac{S \cdot L \cdot K_{\text{г}} \cdot K_{\text{в}}}{L / V_{\text{ср}} + t_{\text{п}} / 3600}, \quad (16)$$

где S – площадь поперечного сечения вырезаемой стружки;

L – длина захватки;

$K_{\text{г}}$  - коэффициент, учитывающий потери грунта (0,85-0,95);

$K_{\text{в}}$  - коэффициент использованного рабочего времени;

$V_{\text{ср}}$  - средняя скорость передвижения машины;

$t_{\text{п}}$  - продолжительность разворота в конце захватки.

### **Назначение, область применения, устройство, рабочие процессы и производительность машин для подготовительных работ (кусторезы, корчеватели-собиратели, шар-молоты, клин-молоты, рыхлители, баровые машины).**

Подготовительные работы включают очистку будущей строительной площадки от леса, кустарника, вывозку древесины, корчевку и уборку пней, удаление валунов, устройство временных дорог и мостов через естественные и искусственные препятствия, понижение УГВ и т.п. Здесь применяют общестроительные, специальные машины. Используют разные сменные рабочие органы, навешиваемые на О.Э. и бульдозеры. Относят сюда и предварительное рыхление прочных и мерзлых грунтов.

Кусторезы – это навесное рабочее оборудование на гусеничные тракторы для расчистки площадок от кустарников и мелких деревьев.

Корчеватели-собиратели – для корчевки пней диаметром до 50 см, расчистки участков от крупных камней, сваленных деревьев и кустарников, для рыхления плотных грунтов.

Рабочее оборудование кустореза состоит из закрепленного на универсальной раме отвала клинообразной формы с гладкими или пилообразными ножами в его нижней части (подъем и опускание – гидроцилиндры).

Корчеватель-собиратель снабжен отвалом с зубьями в его нижней части. Отвал погружают на грунт, перемещаясь вперед на рабочей скорости одновременно погружают отвал и средние зубья под пень, выдергивая его из земли целиком или частично после нескольких попыток. Сопротивление пней корчеванию составляет от 18-20 до 180-210кН при диаметре от 0,1 до 0,5м. Производительность считают по формуле как для бульдозеров.

Мерзлые грунты и рыхлители. От 3 до 7 месяцев зимнего периода грунт промерзает на глубину 1-2,5м. Многолетнемерзлые грунты и грунты сезонного промерзания покрывают более 90% территории России. Для их разработки применяют однозубые рыхлители, гидромолоты, землеройно-фрезерные машины.

Для разрушения мерзлых грунтов с промерзанием глубины до 0,5-0,7м применяются специальные снаряды в виде шар-молотов, массой 0,5т и более, и клин-молотов, массой 2-3т, подвешиваемые на канатах грузовых лебедок гусеничных кранов и экскаваторов. Их поднимают на высоту 6-8м и сбрасывают на грунт. Этот способ наиболее прост, но мало производителен (4-10куб. м/ч). Больше применяют навесные рыхлители и щеленарезные машины.

Различают рыхлители основные и вспомогательные.

Это навесное оборудование на тракторы. Его оборудуют одним или несколькими стойками – зубьями, устанавливаемыми на поперечной балке жестко или шарнирно.

Техническая производительность рыхлителя:

$$\Pi_{\text{р}} = 3600 \cdot B \cdot h_{\text{зф}} \cdot \frac{L}{t_{\text{п}}}, \quad (17)$$

где B – средняя ширина полосы рыхления за один проход многозубого рыхлителя;

$h_{эф}$  - эффективная глубина рыхления;

$L$  – длина пути рыхления;

$t_{ц}$  - продолжительность 1 цикла.

Из щеленарезных машин наибольшее распространение в строительстве получили баровые машины. Рабочее оборудование состоит из одного или двух цепных баров врубовых машин.

В рабочее положение и обратно бары переводятся гидроцилиндрами. Баровые цепи, оснащенные резцами, прорезают в грунте щели шириной 0,14м, глубиной до 2 м. Оконтуренные с двух сторон прорезанными щелями полосы грунта разрабатывают потом экскаваторами. Скорость движения баровых машин при глубине промерзания до 1м – около 60м/ч.

## Бурильные машины

### Назначение, область применения и классификация бурильных машин. Общие схемы устройства и принципа работы бурильных машин (БМ)

Бурение – это процесс разрушения грунта с образованием в грунтовом массиве цилиндрических полостей с выносом из них продуктов разрушения на поверхность. При диаметре до 75мм и глубине до 9 м полости называют шпурами, при больших размерах – скважинами.

В строительстве бурение производят для инженерно-геологических изысканий, при разработке грунта взрывом, при водоснабжении и водопонижении, для установки столбов, дорожных знаков, надолб, устройства буронабивных свай, анкеров (опоры ЛЭП) и т.п.

Различают механические и физические способы бурения.

У многих машин реализованы механические способы с вращательно-поступательным, ударно-вращательным и ударным движениями рабочего инструмента.

Рабочие органы:

- 1- лопастные, шнековые и ковшовые буры;
- 2- буры-расширители;
- 3- трехшарошечные и ударные долота.

Лопастной бур состоит из трубчатого остова с 2-мя копающими лопастями в виде двухзаходного винта, забурника и заслонок. Забурник направляет и удерживает бур на оси бурения. Заслонки не дают просыпаться грунту при его извлечении из скважины. Бур крепят к концу граненой штанги. Для прочности лопасти и забурник оснащают резцами из твердосплавных пластин.

У шнекового бура остов длиннее, чем у лопастного. К нему приварена спираль из полосовой стали, образующая шнек. В нижней части остова закреплены копающие лопасти и забурник.

Применяют также ковшовой бур, бур-расширитель, шарошечное долото, зубильное долото, крестовая, ударная штанга, желонка (буровой инструмент – другие виды долот и элементов буровых рабочих органов).

Грунт удаляют из скважины специальными инструментами, промывкой водой, продувкой (насосные и компрессорные станции). Необходимо много воды. Пыльно, грязно и вредно.

К физическим способам бурения относятся термический, ультразвуковой, электрогидравлический, высокочастотный и гидравлический.

Бурильные машины с вращательно-поступательным движением бурового инструмента изготавливают на базе грузовых автомобилей, гусеничных и пневмоколесных тракторов.

Буровое оборудование монтируют в качестве сменного рабочего оборудования на одноковшовых эксковаторах, на малогабаритных погрузчиках и других машинах.

Главный параметр Б. М. – глубину бурения (h, м) различают на: 1-легкие Б. М. до 5 м; 2-средние – до 20 м; 3-тяжелые Б. М. с глубиной бурения более 20 м.

Рабочее оборудование Б. М. состоит из: 1-базового автомобиля; 2-полой бурильной штанги с гидроцилиндром внутри; 3-вращателя через механическую трансмиссию от двигателя; 4-граненой штанги; 5-рабочего инструмента – лопастного (шнекового) бура сзади; 6-выносной опоры.

Для бурения скважины Б. М., устанавливают на выносные опоры, опускают бур на поверхность земли и включением вращателя с одновременным напором гидроцилиндра производят бурение.

По мере заглубления бура в грунт и накопления его на лопастях, бур извлекают из скважины и на повышенной скорости, вращения, освобождают бур от продуктов разрушения. После чего бур снова опускают в скважину и продолжают процесс до требуемой глубины.

О шпурах. Рабочим органом Б. М. для бурения шпуров при разработке прочных грунтов взрывом служат одна или две буровые штанги с резцами или шарошечными долотами на конце. Это одно или двухшпindelные буровые машины.

Состоит из: 1-ректоров вращения; 2-приводные гидродвигатели; 3-подвижная каретка; 4-рамы и ее направляющие; 5-центральный гидроцилиндр; 6-выносные опоры.

Горизонтальные скважины под шоссейными и железными дорогами для прокладки в них трубопроводов, подземных кабельных линий связи и электроснабжения бурят из открытого перед насыпью приямка – траншеи.

Скважины обсаживают обсадными трубами. Длина скважины – 60 м, диаметр до 1720 мм – скорость проходки скважины 1,4 м/ч; диаметр до 630 мм – скорость проходки скважины 15 м/ч. Усилия подачи от 480 до 7200 кН.

Ударно-вращательное бурение. Грунт здесь разрушается в скважине последовательными ударами инструмента с одновременным его вращением. Станки оборудованы погружными пневмоударниками. Применяют их для бурения скважин диаметром 150 мм и глубиной 80 м.

## **Назначение, устройство, рабочие процессы, классификация, производительность машин и оборудования для уплотнения грунтов**

Уплотнение грунта – процесс его необратимого деформирования путем внешнего силового воздействия.

Масса грунта уменьшается в объеме за счет удаления из его пор свободной воды и воздуха, а его плотность повышается.

Степень уплотнения грунта оценивают коэффициентом уплотнения, равному отношению фактической плотности к ее максимальному стандартному значению (определенному прибором). В зависимости от ответственности сооружения  $K_{упл}$  назначают от 0,9 до 1.

Все процессы уплотнения грунтов в строительстве полностью механизированы. Их выполняют с помощью машин и оборудования. Его классифицируют по:

- 1- характеру силового воздействия на грунт;
- 2- способу перемещения рабочего органа относительно уплотненной зоны грунта.

По первому признаку различают машины: 1-статического действия (укатка); 2-динамического действия (трамбование и вибротрамбование); 3-комбинированного действия.

По второму признаку: самоходные, прицепные и полуприцепные орудия, перемещаемые тягачем; машины с навесными рабочими органами; оборудование,

перемещаемое за счет импульсивных реактивных сил в результате наклонного силового воздействия на грунт (виброплиты).

Рекомендуется 2-х стадийное уплотнение. Предварительное – легкой машиной и окончательное – тяжелой. Общее число проходов или ударов по 1 месту может быть уменьшено на 25% с сокращением стоимости работ до 30%.

Для уплотнения грунта укаткой применяют: 1-прицепные; 2-полуприцепные; 3-самоходные катки с гладкими, кулачковыми, решетчатыми вальцами, пневмокатки.

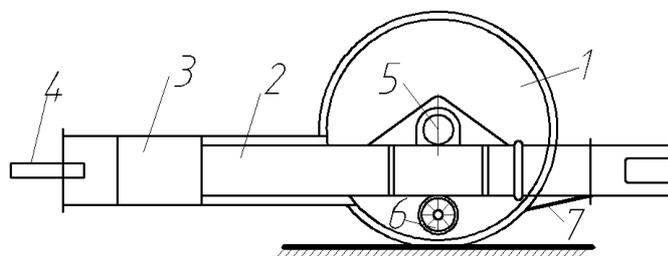


Рис.9.1. Прицепной каток с металлическими вальцами: 1-пустотелый валец цилиндрической формы; 2-рамы; 3-дышла; 4-цепное устройство; 5-торцевые шипы (валец соединен с рамой через подшипники на торцевых шипах); 6-люк с балластом (песком) для массы; 7-скребок для очистки вальца от налипшего грунта.

Вальцы бывают гладкими или с кулачками в шахматном порядке. Для укатки грунта на больших площадях используют сцепы из двух-пяти и более катков, объединенных траверсами:

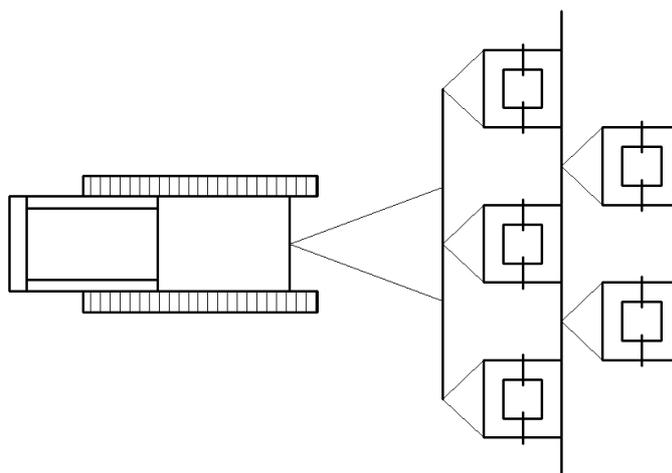


Рис.9.2. Сцепы катков с трактором - тягочом

Гладкие катки уплотняют грунты слоями 0,15-0,2м. Скорости проходки 1,5-2,5км/ч на первом и двух последних проходах, 8-10км/ч на промежуточных.

Кулачковые катки эффективны только для уплотнения рыхлых связных грунтов.

Решетчатые катки – для колековатых переувлажненных связных грунтов, разрыхленных мерзлых и скальных крупнообломочных.

Прицепной пневмоколесный каток состоит из:

- 1- рамы с дышлом и сцепным устройством, соединенных с тягачом;
- 2- четырех и пяти пневматических колес, соединенных с рамой одной осью или через балансиры;
- 3- балластных ящиков. Их применяют для уплотнения грунтов, а так же гравийных и щебеночных оснований, черных смесей асфальтобетона. 5-10 проходов при  $V=11-15$  км/ч. Автомобильные шины – малосвязные и среднесвязные грунты, авиационные шины – для тяжелых суглинков и глин высокой связности. Полуприцепные катки массой  $15\pm 3; 30\pm 6; 45\pm 9$  тонн.

Самоходные пневмоколесные катки: 1-легкие (10-15т); 2-средние (20-30т); 3-тяжелые (40-50т).

Разберем группу грунтоуплотняющих машин и оборудования динамического действия. Это трамбовочные, вибротрамбовочные машины, виброплиты и виброкатки.

Трамбующие рабочие органы:

чугунные, ж/б плиты (круглые, квадратные) навешивают на другие одноковшовые эксковаторы и другие машины. Масса 1,5-0,8т, опорная поверхность – 1 м<sup>2</sup>, высота подъема – 1,2-2м; сбрасывают 3-6 ударов, глубина уплотнения – 0,8-1,5м. Продолжительность рабочего цикла 12-20 секунд. Невысокая производительность. Ограничено применяется в труднодоступных местах.

Самоходные трамбовочные машины на базе трактора.

2 чугунные плиты массой 1,3т каждая. За 3-6 ударов по 1 месту уплотнение на глубину 1,2м при V=160-320м/ч.

Виброплиты – для несвязных и слабо связных грунтов на ограниченных поверхностях.

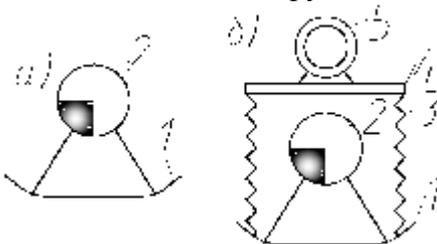


Рис.9.3. Одномассная (а), двухмассная (б) виброплиты.

Грунт уплотняют плитой-поддоном 1, которому сообщаются колебания от двухбалластного вибратора 2. Его устанавливают на поддон, а двигатель 5 на поддоне, или на специальном подрамнике 4; опирающемся на поддон через пружины (резиновые амортизаторы) 3. Первую схему называют одномассной (а), вторую – двухмассной (б).

Производительность 300-900 м<sup>3</sup>/ч, массой 0,15-1,4т на глубине 0,3-1м.

Ударно-вибрационный способ. Вибротрамбовочное оборудование на базе гусеничного трактора. Вибрационные катки с гладкими решетчатыми вальцами, внутри которых вмонтирован вибратор направленных колебаний для уплотнения малосвязных грунтов. Эффективность вибрационного воздействия снижается с увеличением содержания в грунте глинистых частиц.

Производительность:

а) грунтоуплотняющих машин и оборудования непрерывного действия:

$$\Pi_T = 1000 \cdot (B - b) \cdot h \cdot v \cdot z, \text{ [м}^3\text{/ч]}, \quad (1)$$

где B – ширина полосы уплотнения (катка, сцеха, виброплиты, трамбовочной машины);

b – ширина перекрытия смежных полос (0,1-0,15м);

h – толщина слоя уплотнения (в характеристике оборудования);

v – скорость движения;

z – необходимое число проходов по 1 месту (от вида грунта).

б) для трамбующей плиты:

$$\Pi_T = 60 \cdot n \cdot (a - b)^2 \cdot \frac{h}{z}, \text{ [м}^3\text{/ч]}, \quad (2)$$

где n – число ударов плиты за 1 мин.;

a – размер опорной поверхности плиты (сторона квадрата, диаметр);

z – необходимое число ударов плиты по одному и тому же месту.

## Технические средства гидромеханизации (состав оборудования, устройство и принцип работы гидромониторов, землесосов, земснарядов)

Гидромеханизация – это способ механизации земляных работ, при котором все технологические процессы выполняются за счет энергии потока воды.

Этим способом возводят плотины, дамбы, насыпи, разрабатывают котлованы, каналы, углубляют водоемы, добывают и транспортируют песчано-гравийные материалы.

В оборудовании используют устройства для разрушения грунтов:

1. струей воды;
2. механическим путем с последующим транспортированием и укладкой продуктов разрушения в потоке воды в сооружение.

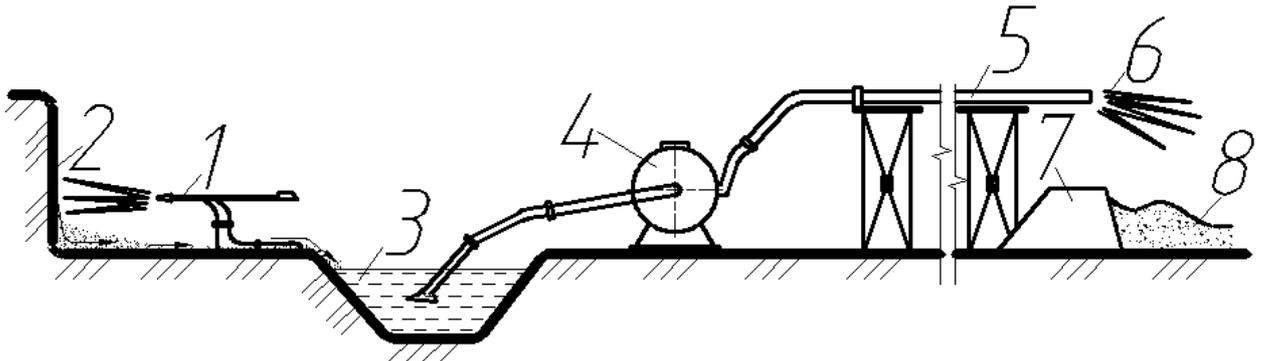


Рис.9.4. Схема разработки грунта гидромонитором: 1-гидромонитор; 2-забой; 3-ЗУМПФ; 4-землесос; 5-пульповод; 6-дамба обвалования; 7-пульпа; 8-тело сооружения или штабель песка, гравия, песчано-гравийной смеси.

Струя воды под давлением направляется на забой гидромонитором. Размытый грунт вместе с отработавшей водой (пульпа) стекает в специальное углубление (ЗУМПФ), откуда грунтовым насосом (землесос) нагнетается в трубопровод (пульповод) и перемещается по нему к месту укладки. После дренажа воды с зоны, ограниченной дамбой обвалования, грунт образует тело сооружения или штабель песка и т.д.

Плотные подводные грунты разрабатывают механическим способом – рыхлителями. Агрегат, включающий понтон, плавучие установки, грунтовой насос и грунтозаборное устройство, называемое землесосным снарядом (землеснарядом). Энергоемкость = 2-5кВтч/м<sup>3</sup>. Этот способ эффективен при больших объемах земляных работ при большом количестве воды вблизи водоемов, с береговых урезов и со дна водоемов.

Используют также гидроэлеваторы (струйные насосы) – аппараты для перекачивания пульпы за счет энергии водяной струи, подаваемой внешним водяным насосом. Недостаток – низкий КПД, расстояние только 25-35м.

Производительность гидромонитора по воде определяют через расход:

$$Q_{г.м.} = 3600 \cdot \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, [м^3/ч], \quad (3)$$

где  $\mu=0,9-0,93$  – коэффициент расхода;

$\omega$  - площадь поперечного сечения насадки;

$g$  – ускорение свободного падения;

$H$  – напор воды у насадки;

Производительность землеснаряда по пульпе определяют по подаче  $Q_{п.}$  грунтового насоса.

Производительность по грунту:

$$P_{г.} = Q_{п.} \cdot K, \quad (4)$$

где  $Q_{п.}$  - подача грунтового насоса по объему пульпы;

$K$  – средний коэфф

$$K = \frac{c}{1+c}, \quad (5)$$

где С – консистенция пульпы,  $C \approx 0,1 \dots 0,12$

$K=0,1$  – гравийно-галечные грунты,

$K=0,25$  – песчаные грунты.

Основные параметры земснаряда:

- 1- производительность по грунту;
- 2- дальность транспортирования пульпы;
- 3- максимальная глубина забора пульпы;
- 4- размеры корпуса судна (плавучей установки);
- 5- его водоизмещение и осадка;
- 6- ширина полосы разработки грунта;
- 7- общая потребляемая мощность;
- 8- тяговое усилие;
- 9- скорости папильонирования (перемещения).

Физический смысл папильонирования заключается в том, что в процессе разработки грунта землеснарядом нижний конец грунтозаборного устройства непрерывно перемещается по дну водоема, оставляя после себя выработку в виде узкой полосы.

Пример: Индекс землеснаряда 500-60:

- производительность по грунту  $500 \text{ м}^3/\text{ч}$

- производительность по пульпе  $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$  при давлении до  $0,6 \text{ МПа}$ .

## **Раздел X. Машины и оборудование для свайных работ**

### **Способы устройства свайных фундаментов. Назначение, классификация, устройство, рабочие процессы, производительность, область применения машин и оборудования для свайных работ**

#### **Способы устройства свайных фундаментов**

##### **Копры и копровое оборудование**

Для устройства свайных фундаментов применяют забивные, винтовые и набивные сваи. Первые 2 типа изготавливают на заводах ЖБК, а третий тип – непосредственно на объекте (стройплощадке) из монолитного железобетона.

В России массовое применение получили забивные призматические сваи квадратного сечения от  $0,2 \times 0,2 \text{ м}$  до  $0,4 \times 0,4 \text{ м}$  длиной до  $20 \text{ м}$ . Используются также винтовые металлические сваи. За рубежом применяют преимущественно буронабивные сваи.

Забивные сваи погружают в грунт приложением внешней нагрузки, винтовые – сочетанием с крутящим моментом. Это ударная нагрузка посредством свайных молотов, вибрированием с помощью вибропогружателей, сочетанием этих способов – вибромолотами, вдавливанием с пригрузкой вдавливающего оборудования тяжелыми тракторами. Винтовые сваи завинчивают кабестанами и автомобилем МЗС-13.

Перед устройством ростверков (строительные конструкции, объединяющие головы свай) верх свай (их головы) выравнивают на проектной отметке, срубая их пневмомолотками, газовой резкой, специальными устройствами – сваерезами.

Набивные изготавливают на месте, заполняя пробуренную скважину арматурным каркасом, обсадной трубой, бетонной смесью с послойным уплотнением. Скважины образуют бурением, пробивкой штампами, раскаткой и их сочетанием. В плотных

грунтах скважины без крепления стенок, в обрушающихся – обсадные трубы (извлекаемые, оставляемые). Уширения в скважинах под пяты свай образуют режущими и раздавливающими уширителями рабочих органов бурильных машин, камуфлетными взрывами.

Для механизации работ по устройству набивных свай используют комплект общестроительных машин и оборудования (бурильные; бетоносмесительные; машины для транспортирования, укладки и уплотнения бетонной смеси и др.).

## **Копры и копровое оборудование. Про копровое оборудование**

Сваебойное оборудование – это копры – универсальное базовое оборудование для перемещения свай с мест их раскладки к местам погружения, их установки, поддержания и направления, крепления погружателя, забивки и передвижения на новую позицию.

Копры погружают сваи – оболочки в 0.5÷2.5 м,  $l=30$  м, секциями по 3-8 м, металлический шпунт (корытный или Z-образный профиль) до  $l=25$  м.

Различают копры: рельсовые, навесные на тракторах, одноковшовых эксковаторах, автоматических кранах, в воде плавучие копры.

Главный параметр копров – максимальная длина погружаемых свай (8, 12, 16, 20, 25 м). Индекс КН-12 – копер навесной для свай длиной до 12 м; КР-16 – копер рельсовый для свай длиной до 12 м.

По степени подвижности рабочего оборудования различают копры:

1. Универсальные: полный поворот платформы, изменение вылета и наклон стрелы для забивки наклонных свай.
2. Полууниверсальные.
3. Простые.

Рабочий процесс копра: состоит из его перемещения к месту установки сваи, ее строповки, подтягивания, установки на точку погружения, выверки правильности ее положения, закрепления на голове сваи наголовника, установка на сваю погружателя, расстроповку сваи, ее забивку, подъем молота и снятие с погруженной сваи наголовника.

Копры на тракторной базе: навеска копровой стрелы в задней части и боковой.

Копры на базе канатных экскаваторов для забивки свай в котлованах и траншеях, располагая их на бровках выемок. Могут погружать несколько свай с одной рабочей позиции. Производительность их – 25-30 шт/смену,  $l=8$  м; 15-20 шт/смену,  $l=12$  м; 8-12 свай за смену длиной 16 м.

Копры на автомобильной базе – на рассредоточенных свайных работах малых объемов  $R=200$  км, длина до 8 м. Копровое оборудование укладывают за 15 минут в транспортное положение. Производительность 18-22 сваи/см; КО (КрАЗ, КАМАЗ).

Рельсоколесный копер (свайный молот, вибропогружатель, вибромолот) в ПГС и ГТС с большими объемами свайных работ для тяжелых свай – 12-16 м. Применяются копры мостового типа на рельсовом пути на слабых водонасыщенных грунтах, при значительном техническом подполье в строящемся здании.

Производительность копров (сменная техническая):

$$P_{см} = \frac{T_{см}}{t_{см} + t_{п}} \text{ (свай/смену)}, \quad (1)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность смены, ч;

$T_{п}$  – продолжительность рабочего цикла при погружении одной сваи, ч;

$t_{п}$  – средняя продолжительность вспомогательных операций, технологических и организационных перерывов, технического обслуживания.

## **Свайные молоты**

Свайные молоты применяют для погружения свай в грунт ударом.

Свайный молот состоит из:

1. Ударника (падающая или ударная часть);
2. Наковальни (шабота) (неподвижная часть, жестко соединена с головой сваи);
3. Устройства для подъема ударной части и ее направления.

Различают:

1. Механические;
2. Паровоздушные;
3. Дизельные;
4. Гидравлические свайные молоты.

Механический молот – простейший механизм; металлическая отливка массой 5 т, поднимается вдоль мачты копра канатом подъемной лебедки и сбрасывается на сваю. Низкая производительность (4-12 ударов в минуту); применяют при малых объемах свайных работ.

Паровоздушный молот – это пара – цилиндр и поршень. В молотах одиночного действия поршень через шток соединен с наголовником сваи, а ударной частью является цилиндр (частота ударов 40-50 мин<sup>-1</sup>). В молотах двойного действия ударной частью является соединенный с поршнем боек, движущийся внутри цилиндра. Они производительнее одиночных. Недостаток – зависимость от компрессорных или паросиловых установок.

Гидравлический молот. Работает как паровоздушный двойного действия. Отличие – вместо пара или воздуха подают в цилиндр жидкость, копер оборудуют насосной установкой. Масса ударной части – 210-7500 кг, энергия удара – 3.5-120 кДЖ, частота удара – 50-170 мин<sup>-1</sup>.

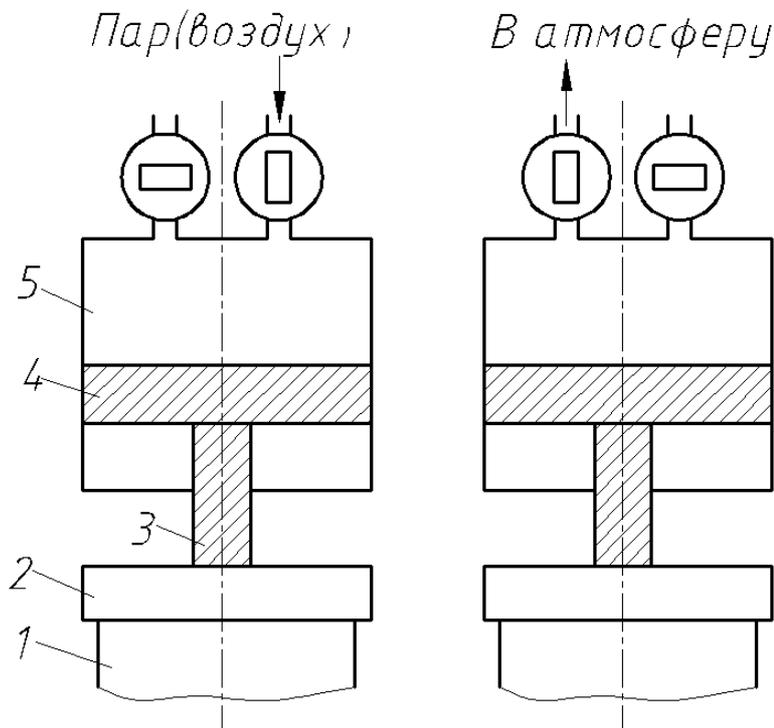


Рис.10.1. Принцип работы паровоздушного молота одиночного действия: 1-свая; 2-наголовник; 3-шток; 4-поршень; 5-цилиндр.

Дизельные молоты бывают трубчатые и штанговые (Рис.10.2).

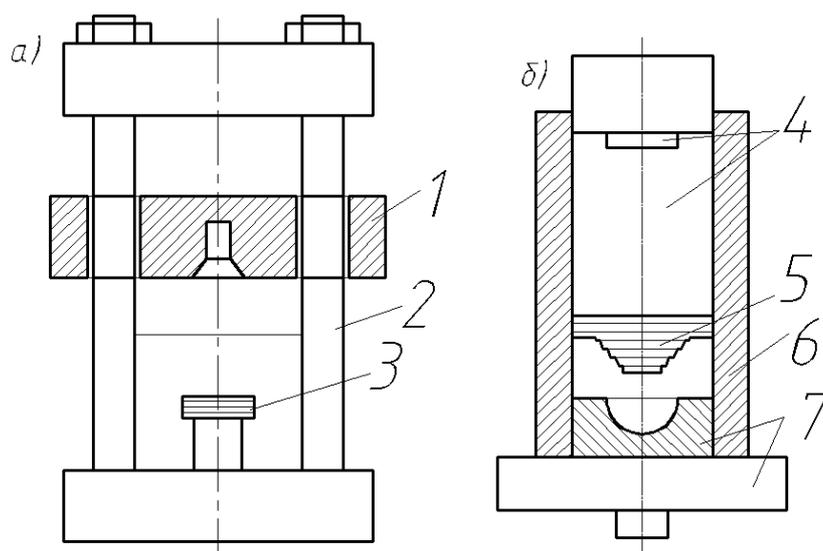


Рис.10.2. Принципиальные схемы дизель-молотов (штангового (а) и трубчатого (б)): 1-подвижный цилиндр; 2-направляющие штанги; 3-поршень; 4-подвижный поршень; 5-головка; 6-неподвижный цилиндр; 7-шабот.

Ударная часть штанговых молотов представляет собой подвижный цилиндр, открытый сбоку и перемещающийся в направляющих двух штангах (см.рис.10.2.а). При падении цилиндра на неподвижный поршень в камере сгорания воспламеняется смесь воздуха и топлива. Энергия (от сгорания смеси) подбрасывает цилиндр вверх, после чего происходит новый удар по свае и цикл повторяется.

У трубчатых молотов (см.рис.10.2.б) неподвижный цилиндр, имеющий шабот (для восприятия ударов молота), является направляющей конструкцией. Ударная часть молота здесь – подвижный цилиндр с головкой. Распыление топлива и воспламенение смеси происходит при ударе головки поршня по поверхности сферической впадины цилиндра, куда подается топливо насосом низкого давления.

### Техническая характеристика дизель-молотов.

N /N п /п	Показатель	Штанговый СП-6Б (С-330Б)	Трубчатый С-977А
1	Наибольшая энергия удара, кДЖ	min-3,2 max-65 58,8	min-15 max-150 88,33
2	Наибольшая высота подъема ударной части, м	2,4	3
3	Число ударов в 1 мин	50	55
4	Масса ударной части, т	min-240кг 2,5	min-500 кг 5
5	Масса молота, т	4,22	9

Трубчатые молоты обладают при одинаковой массе ударной части в 2-3 раза большей энергией удара, чем штанговые. Зимой штанговые молоты можно запускать при  $T = -30^{\circ}$ . Трубчатые при  $T$  до  $-20^{\circ}$  требуют применение специальных присадок к топливу и подогрев молота в течении 20-30 минут. Штанговые в зимних условиях работают более устойчиво.

Наголовники позволяют закрепить сваю в направляющих копра и предохранить головы свай от разрушения при ударах молота. Они бывают: металлические литые и сварные с амортизационными прокладками из древесины и полимерных материалов.

Дизельные молоты (наибольшее распространение), работают независимо от внешних источников энергии в режиме двухтактного дизеля. Различают дизель-молоты с направляющими штангами (штанговые) и с направляющим цилиндром (трубчатые).

У штанговых: 2 направляющие штанги объединены внизу основанием, отлитым заодно с поршнем. Основание опирается на сферическую пяту и наголовник. По штангам перемещается цилиндр (ударная часть молота). Вверху штанги объединены траверсой захвата (кошка), свободно перемещающейся по ним и подвешенной к канату лебедки копра. Энергия удара – 3,2-65 кДЖ, частота – 55 мин<sup>-1</sup>, масса ударной части – 240-2500 кг. Область применения: легкие железобетонные и деревянные сваи в слабые и средние грунты, шпунт для ограждения транспорта и котлованов.

У трубчатых: ударной частью служит поршень, перемещающийся в направляющем цилиндре. Удары поршня воспринимает шабот. Поршень поднимают кошкой и сбрасывают. От удара поршня о шабот топливно-воздушная смесь разбрызгивается и воспламеняется, газы подбрасывают поршень вверх, откуда он снова падает, сжимая воздух, удаляя отработавшие газы через канал в атмосферу и повторяя процесс.

Энергия удара – 15-150 кДЖ, частота – 45 мин<sup>-1</sup>, масса – 500-5000 кг (до - 60°).

Для забивки железобетонных свай в любые нескальные грунты, для работы в условиях низких температур.

### Вибропогружатели и вибромолоты

Вибропогружатели представляют собой возбудитель направленных колебаний вдоль оси сваи. Он соединен со сваем через наголовник, сообщает ей вынуждающее периодическое усилие. Для увеличения амплитуды вынуждающей силы их изготавливают многодебалансными. Низкочастотные – до 10 Гц (частота колебаний); высокочастотные – до 16,6 Гц. Песчаные и супесчаные водонасыщенные грунты. Удобны в управлении, производительнее, не разрушают головы свай. Недостаток: ограниченная область применения, сравнительно небольшой срок службы электродвигателей из-за вредного влияния вибрации.

Вибромолоты – отличие от вибропогружателей способом соединения корпуса вибровозбудителя с наголовником – через пружинные амортизаторы. Энергия удара – 3,9 кДЖ; масса – 2850 кг. Используются также для выдергивания свай и шпунта.

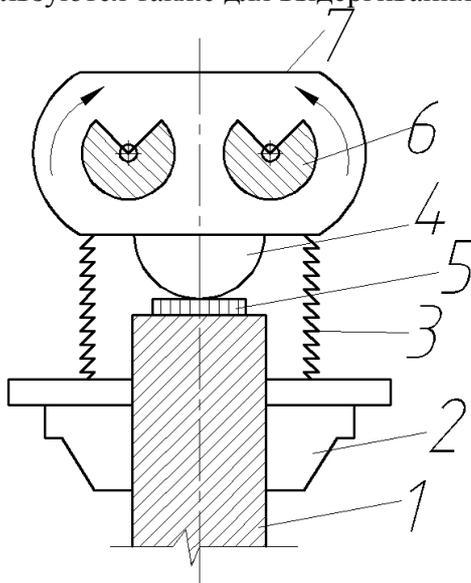


Рис.10.3. Принципиальная схема устройства вибромолота: 1-свая; 2-наголовник; 3-пружинные амортизаторы; 4-боек; 5-наковальня; 6-дебалансы; 7-корпус с двумя синхронно работающими электродвигателями с дебалансами на их валах.

## **Раздел XI. Машины и оборудование для приготовления, транспортирования бетонов и растворов и уплотнения бетонных смесей**

Бетон – это искусственный каменный материал, получаемый из смеси: вяжущих веществ, воды и заполнителей после ее формования и твердения.

Строительные растворы не содержат в своем составе крупных заполнителей. До формования их называют бетонной смесью и строительным раствором.

Иногда «бетонную смесь» называют «бетон» (товарный бетон – для отпуска потребителю). Приготовление таких смесей и растворов состоит из дозирования компонентов и их перемешивания. В первом случае применяют дозаторы, во втором – смесители.

### **Дозаторы**

Они бывают объемными и весовыми, т.к. материал дозируют по объему и по массе. Объемные более просты, но менее точные из-за непостоянства плотности и влажности дозируемых сыпучих материалов и условий заполнения мерных емкостей. По режиму работы различают циклические (порционные) и дозаторы непрерывного действия. В первых материал дозируется в мерном или весовом бункере, во вторых – материал подают в смесители непрерывным потоком. Управляют ими автоматически с пульта управления.

Рассмотрим принцип работы порционного дозатора. Их применяют для порционного автоматического взвешивания цемента, заполнителей, химических добавок, воды и выдачи отвешенных порций в смесители. Компоненты дозируют поочередно, загружая весовой бункер сначала крупным, а затем более мелким материалом. Сигнал на начало дозирования одного компонента поступает с пульта 1 к клапану 2, после срабатывания его сжатый воздух от компрессора поступает в цилиндр 3. Он открывает впускной затвор 9 одного из бункеров 10 с дозируемым компонентом, который через воронку загружается в бункер 8. Он связан системой тяг и рычагов с весоизмерительным устройством 6 с циферблатным указателем. При достижении в бункере 8 требуемой дозы идет сигнал об окончании загрузки от датчика массы на пульт и отключают клапан 2 и цилиндр 3 для закрытия затвора. После перенастройки датчика массы циферблатного указателя также дозируют второй компонент. С пульта 1 на клапан 4 идет сигнал на разгрузку бункера 8. Клапан 4 открывает доступ сжатого воздуха в пневмоцилиндр 5, который открывает затвор 7 и отмеренные компоненты разгружаются в смеситель. Такие дозаторы различаются пределом взвешивания, зависящим от вместимости весового бункера и др. параметров.

В качестве питателей применяют при дозировании:

- 1-песка, щебня и т.п. – ленточные конвейеры, различных конструкций затворы;
- 2-цемента – аэрожелоба, шнековые и барабанные питатели;
- 3-жидкостей – затворы с необходимой герметичностью.

Дозатор непрерывного действия – это какой-либо питатель или сочетание питателей, в которых автоматически с требуемой точностью поддерживается заданная производительность. Он включает в себя: 1-питатель; 2-измерительное устройство производительности; 3-систему автоматического регулирования (САР).

Материал подается на ленту питателя 2 из бункера с помощью лопастных питателей 1, в приводе у них вариатор 16. Вариатор 14 приводит в движение ленточный питатель 2. Для стабилизации массы материала питатель 2 подвешен к раме дозатора шарнирно на оси приводного барабана и с помощью тяги к коромыслу 3, уравновешенному грузом 6. Если сбой коромысла отклоняется, воздействует на преобразователь 5 и на вход регулятора 8 подается напряжение. Этот сигнал через усилитель 9 включает двигатель 17

и частота вращения лопастных питателей 1 будет изменяться до тех пор, пока масса материала на ленте питателя не достигнет заданного значения. Колебания коромысла 3 снимает демпфер 4. Для изменения скорости движения ленты служит автоматическая цепь – из генератора 10 задатчика 11, регулятора 12, усилителя 13 и двигателя 15. Общее количество подаваемого в смеситель материала регистрируется счетчиком 7, кинематически связанным с головным барабаном ленточного питателя.

Для дозирования заполнителей применяют универсальные дозаторы, стабилизирующие производство массы материала на ленте питания на скорость ее движения.

Для дозирования жидкостей используют компактные дозаторы турбинного типа на базе расходомеров воды, которые могут работать как циклично, так и непрерывно (т.е. в разных режимах).

## Смесители

В зависимости от вида смеси их подразделяют на:

- 1) растворосмесители (для штукатурных, кладочных, отделочных растворов);
- 2) бетоносмесители (для бетонных смесей – обычных, сухих, керамзитобетонных, ячеистых, особо тяжелых и др.);
- 3) стационарные – в составе заводов, комбинатов ЖБИ;
- 4) перебазируемые – для объектов с небольшими объемами работ;
- 5) мобильные – авторастворо-, автобетоно-смесители;
- 6) цикличные;
- 7) непрерывного действия.

Цикличные и непрерывного действия – это деление по режиму работы. По принципу смешивания компонентов:

- 8) гравитационные;
- 9) принудительные;
- 10) комбинированные.

В циклических смесителях исходные компоненты смешиваются отдельными порциями. И главный параметр – вместимость смесительного барабана. Промышленность выпускает бетоносмесители от 100 до 4500 л; растворосмесители – от 40 до 1500 л.

В смесителях непрерывного действия – компоненты поступают непрерывно и непрерывно выдается готовая смесь.

Для приготовления смесей с различной рецептурой и частой их сменой лучше цикличные (на растворобетонных установках, заводах ЖБИ, ДСК). Непрерывного действия – в дорожном и энергетическом строительстве с ограниченным количеством рецептов смеси ( $\leq 3$ ). В строительстве наибольшее распространение получили бетоносмесители циклического действия как гравитационные, так и принудительные. В гравитационных – рабочий орган – смесительный барабан с наклонной или горизонтальной осью вращения.

Гравитационный смеситель состоит из смесительного барабана (1) на опорных стойках (2), внутри лопасти (3), их вращение электродвигателем (4) с зубчатой передачей (шестерня – 5, зубчатый венец – 6). Для загрузки барабан устанавливают пневмоцилиндром (7) наклонно горловиной вверх. Разгрузка опрокидыванием пневмоцилиндром. Продолжительность рабочего цикла (загрузка, перемешивание, выгрузка) – 90-150 с. Просты в устройстве и обслуживании, способность готовить смесь с крупными (до 120...150 мм) заполнителями.

Смесители принудительного действия для смесей любой подвижности и жесткости с крупностью заполнителя не более 70 мм. Они с вращающимися лопастными валами (вертикальными и горизонтальными).

Роторные смесители – массовые, с вертикальными валами, повышенной скорости, для жестких смесей.

Для приготовления строительных растворов – цикличные смесители:

1-с горизонтальным лопастным валом;

2-турбулентные смесители.

В первых – смесь перемещается двумя винтовыми лопастями.

Во вторых – лопастной ротор, материалы совершают многократные перемещения в конической периферии корпуса, поднимаясь вверх и оседая в центре.

Производительность смесителей циклического действия:

$$П = V \cdot Z \cdot K_E \cdot K_H \text{ (м}^3\text{/ч)}, \quad (1)$$

где  $V$  – вместимость по загрузке, м<sup>3</sup>;

$Z$  – число замесов в час;

$K_H$  – коэффициент использования во времени;

$K_E$  – коэффициент выхода смеси (0,6-0,65 для бетонных смесей; 0,75-0,85 для растворов).

Смесители непрерывного действия – производительность до 30 м<sup>3</sup>/ч (горизонтальный двухвальный – компоненты смеси непрерывным потоком подают в корыто, в котором вращаются навстречу друг другу валы с лопастями (40-45° к оси вала), электродвигатель (1), ременная передача (2), редуктор (3), зубчатая передача (4), корыто (5), лопасти (6), валы (7), разгрузочный затвор (8)).

Техническая производительность определяется: объемом смеси, перемещаемой в единице времени в осевом направлении. Зависит от: размера лопастей, угла их установки, частоты их вращения.

## **Растворо- и бетоносмесительные установки и заводы**

Процесс производства таких смесей – это ряд последовательных механизированных и автоматизированных операций. Включает:

- 1 - погрузочно-разгрузочные работы при приеме и хранении материалов на складах;
- 2 – их хранение;
- 3 – подогрев в зимнее время;
- 4 – транспортирование компонентов смесей в расходные бункера смесительного узла;
- 5 – дозирование;
- 6 – перемешивание;
- 7 – выгрузка готовой смеси;
- 8 – аспирация;
- 9 – обеспыливание линий;
- 10 – вентиляция помещений.

Эти операции составляют технологическое содержание работы всех установок и заводов с законченным, расчлененным и комбинированным технологическими циклами.

Продукция: с законченным циклом – готовая смесь; с расчлененным – сухая смесь; с комбинированным – готовая и сухая.

В зависимости от назначения, мощностей и особенностей объектов – потребителей различают: 1-стационарные; 2-приобъектные; 3-передвижные смесительные установки.

Их классифицируют по режиму процесса приготовления смесей (периодического и непрерывного действия) и по технологической схеме компоновки оборудования (высотные и двухступенчатые). Высотные – компактны, лучше автоматизированные, но дороже.

## **Бетононасосные установки**

Это комплекты устройств для транспорта бетонных смесей по трубам к местам их укладки. В их состав входит: 1-бетононасос; 2-комплект бетонопроводов; 3-распределительные механизмы – манипуляторы.

Достоинства: 1-подача смеси в труднодоступные места; 2-регулирование интенсивности подачи смеси; 3-исключения расслоения и защита от осадков; 4-меньшая загрязненность площадки.

Недостатки: 1-дорого; 2-необходимость промывки и очистки системы при остановке в работе; 3-необходимость высокой квалификации обслуживающего персонала.

Бетононасосы квалифицируют по:

- а) по режиму работы: с периодической или непрерывной подачей смеси;
- б) по типу привода: с гидравлическим или механическим;
- в) по мобильности: стационарные, передвижные.

Бетононасосы с периодической подачей смеси могут быть одно- и двухцилиндровыми. Широко применяются двухцилиндровые поршневые бетононасосы с гидравлическим приводом.

Подачу ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) поршневых насосов определяют:

$$Q = 60V \cdot z \cdot n \cdot K_n, \quad (2)$$

где  $V$  – рабочий объем бетонотранспортного цилиндра;

$z$  – число цилиндров;

$n$  – число двойных ходов поршня в минуту,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$K_n$  – коэффициент наполнения цилиндра смесью.

Бетононасосы непрерывного действия (шланговые или перистальтические).

Перистальтика (от греч. peristaltikos – обхватывающий, сжимающий) – волнообразное сокращение стенок полых трубчатых органов (кишок, желудка, мочеточников), способствующее продвижению их содержимого к выходным отверстиям.

В таких насосах рабочий процесс всасывания из бункера и нагнетания бетонной смеси в бетоновод осуществляется за счет упругой деформации гибкого шланга, уложенного на жесткий ложемент, при перекачивании по нему роликов на цепи, приводимой звездочкой.

При этом бетонная смесь всасывается в шланг вслед за перемещающимся роликом под действием разряжения внутри шланга при его упругом восстановлении после прохода ролика и выталкивается в бетоновод передним фронтом бегущей волны сжатия шланга.

Достоинства: простое исполнение и обслуживание, пониженный расход энергии (равномерная подача смеси).

Недостатки: высокие требования к составам и подвижность смесей; небольшое давление, ограничивает дальность подачи; малый срок службы гибкого шланга на участке рабочей камеры (замена через 2-3 тыс.  $\text{м}^3$  перекачки смеси).

Область применения: для перекачки тощих бетонных смесей; смесей с гравийным заполнителем для устройства бетонных стяжек покрытий. Подача до  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ , на высоту до 39 м с давлением до 3,5 МПа по шлангу  $\nu 125$  мм. Подача бетонной смеси к месту укладки по бетоноводу из стальных труб, соединенных замками.

Бетононасосы устанавливают на прицепы, автомобили, оборудованные распределительными стрелами. Стрела служит опорой бетоноводу и концевому раздаточному шлангу. Они бывают сборные, телескопические, шарнирно-сочлененные из 2х и более звеньев общей длиной до 40 м. Шарнирно-сочлененные более просты и маневренны. Раскладываются под разными углами (это позволяет без перемонтажа бетоновода направлять концевой шланг в любую точку в пределах зоны обслуживания стрелы).

## **Машины и оборудование для укладки и распределения бетонной смеси**

Применяют краны с бадьями, ленточными конвейерами, виброжелобами, самоходной бетоноукладки, оборудование трубопроводного транспорта. До 85% общего объема бетонной смеси – это строительные краны с поворотными и неповоротными бадьями (бункерами).

Поворотные бадьи. Грузоподъемность от 1,25 до 5т. Загрузка с бетоновоза, разгрузка открыванием затвора.

Неповоротные – грузоподъемность от 1,25 до 2,5 т. На корпусе устанавливают вибратор. Для перегрузки бетонной смеси с автотранспортных средств в бадьи, тележки,

приемные бункеры бетононасосов применяют гидрофицированные перегрузочные бункеры емкостью 2-6 м<sup>3</sup>, а для сокращения простоев – накопительные бункеры. Подача смеси сразу в опалубку из автосредств без бетоноукладывающих устройств с использованием неповоротных и поворотных лотков ( $l=3-4$  м).

Применяют вибрационные установки с виброжелобами, вибропитателями и опорными элементами.

При превышении уровня подъездных путей над уровнем блоков бетонирования смесь подают самотеком. При спуске с высоты до 10 м применяют звеньевые хоботы ( $l_{\text{звена}}=0,6-1$  м)  $v=300$  мм. При высоте больше 19 м – виброхоботы – гибкие трубопроводы из звеньев труб  $v$  350 мм с гасителями, снижающими скорость падения смеси.

Ленточные конвейеры – для малоподвижных и жестких бетонных смесей без ограничения крупности заполнителей. Лента лоткового поперечного сечения обеспечивает большую производительность и меньшую стоимость работ, чем при подаче кранами. Три типа: секционные, наклонные передвижные, мостовые с боковой разгрузкой. Составляют из секций длиной 9-25 м, ширина ленты 450 мм на расстояние до 2 км (есть  $v=720$  мм с рифленой поверхностью).

При бетонировании подземной части зданий исполняют самоходные стреловые бетоноукладчики на базе гусеничных тракторов или на специальном шасси.

Производительность бетоноукладчиков:

$$П = 3600A \cdot V \cdot t_p / t_{\text{ц}}, \quad (3)$$

где  $A, V$  – площадь поперечного сечения потока бетонной смеси и его скорость;

$t_{\text{ц}}$  – продолжительность рабочего цикла;

$t_p$  – время чистой работы.

Отечественные бетоноукладчики производительностью от 9 до 100 м<sup>3</sup>/ч при подаче до 30 м.

## Оборудование для уплотнения бетонной смеси

При укладке бетонной смеси разравнивают и уплотняют для получения бетона с морозостойкой, водонепроницаемой и прочной структурой. Надо удалить из смеси воздух. Его объем достигает 10-15% в пластичных смесях и 40-50% в жестких. Наиболее эффективен способ уплотнения – вибрирование, реже применяют вакуумирование.

По способу воздействия на бетонную смесь различают следующие вибраторы:

1-внутренние (глубинные) (наиболее эффективно и распространено) – погруженные в смесь передают ей колебания вибронакон-ом, корпусом;

2-наружные (используют редко) – прикрепляют к опалубке для передачи через нее колебаний бетонной смеси;

3-поверхностные – устанавливают сверху на уложенную, передают колебания через рабочую площадку (для плит, полов,  $v=20$  см).

Их различают по способу создания колебаний:

1 – с вращающимися дебалансами;

2 – с возвратно-поступательным движением массы.

1е – могут быть одновальными (круговые колебания) и двухвальными (направленные колебания). Приводятся в действие электродвигателями (электромеханические), пневмодвигателями (пневматические) и ДВС.

2е – имеют электромагнитный привод (электромагнитные вибраторы).

Широко применяют в строительстве переносные электромеханические вибраторы с круговыми колебаниями. Реже пневмовибраторы (шум, большая энергоемкость).

Различают по частоте колебаний их корпуса:

1 – низкочастотные (2800-3500 колебаний в минуту);

2 – среднечастотные (3500-9000 мин<sup>-1</sup>);

3 – высокочастотные (10000-20000 мин<sup>-1</sup>) – для уплотнения мелкозернистых смесей в тонкостенных СК.

Глубинные вибраторы применяют при бетонировании крупногабаритных или густонасыщенных арматурой ЖБК (фундаментов, стен, плит, колонн, свай) при стандовом способе производства ЖБИ. Они бывают:

1 – ручные (массой до 25 кг). Недостаток – небольшой радиус действия и небольшая производительность;

2 – подвесные в виде пакетов из 3-5 шт на одной траверсе.

У ручных вибраторов электродвигатель (трехфазный с короткозамкнутым ротором) встроен в корпус (наконечник) или вынесен (соединен с дебалансом рабочего наконечника гибким валом). Рабочий наконечник – это герметически закрытый цилиндрический корпус с дебалансом внутри него.

Для тонкостенных ЖБИ – планетарные вибраторы. Вибрация создается планетарно обкатывающимся бегунком относительно сердечника или втулки.

Вибронаконечник на 5-10 см в смесь (20-40 сек на 1 позиции). Шаг позиции

$$\alpha = 1,5R_{д.в.};$$

$R_{д.в.}$  – радиус действия вибратора.

Для уплотнения бетонных смесей средней подвижности толщиной до 20 см бетонных покрытий и в дорожном строительстве применяют площадочные вибраторы и виброрейки.

Вакуумирование – при устройстве полов толщиной до 300 мм путем удаления из бетонной смеси части воды с одновременным уплотнением под действием атмосферного давления через отсасывающие плиты. Оборудование – вакуум-агрегат, вакуум-маты, виброрейка, затирочная машина.

Вакуум-агрегат состоит из вакуумного бака и гидробака с вакуум-насосом.

Вакуум-мат – фильтрующее полотнище с отверстиями, объемно-провилированной пластмассовой сеткой и верхним герметизирующим матом с рукавом для отвода водовоздушной смеси. Вакуум-матом накрывают обработанный виброрейкой участок пола и включают вакуум-насос.

Водовоздушная смесь по гибкому рукаву отсасывается из бетонного покрытия вследствие разрежения в полости отсасывающего мата и поступает в вакуумный бак, где вода фильтром отделяется от воздуха и стекает в гидробак.

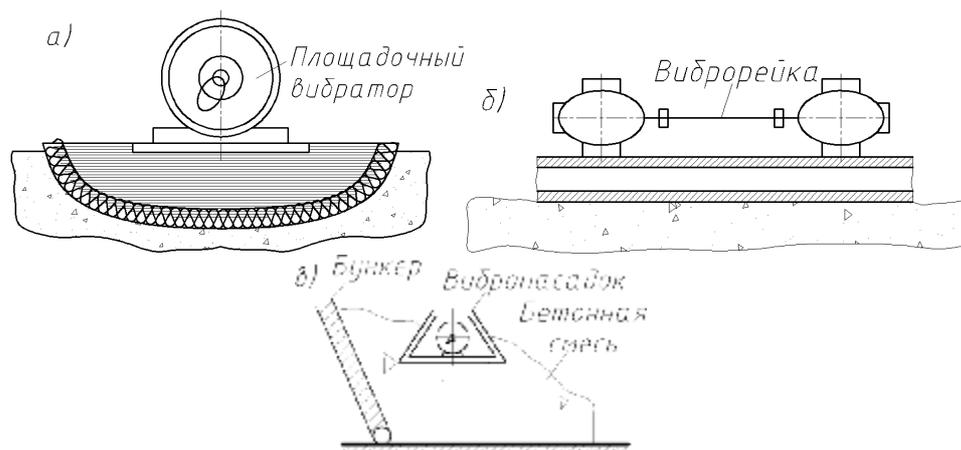


Рис.11.1. Схемы оборудования для поверхностного уплотнения бетонных смесей: а-стальная плита с закрепленным на ней вибровозбудителем; б-на удлиненное основание устанавливают несколько вибровозбудителей, соединенных между собой; в-на вибропркатных станках, при стандовом способе применяют вибронасадки.

## Раздел XII. Машины и оборудование для устройства полов, кровель и отделочных работ. Ручные машины

### Машины для отделки полов

Полы затирают сразу же после вакуумной обработки. Для грубого заглаживания поверхностей бетонных и мозаичных полов применяют трех- и четырехлопастные машины со сменными лопастями различной ширины (широкие – для затирки, узкие – для железнения поверхности бетона).

Дисковые затирочные машины – для более качественной отделки полов. Состоят из двух вращающихся навстречу друг другу рабочих диска из древесностружечных плит. Диски соединены с валами и редуктором резиновыми мембранами, приводятся в движение асинхронным электродвигателем через редуктор. Пульт управления с пакетным выключателем и краном для подачи воды в зону обработки смонтированы на рукоятке корпуса.

Мозаично-шлифовальные – для шлифования и полирования полов и мозаики, мрамора и гранита. Отличие в рабочем инструменте. Применяют трехгранные абразивные камни, закрепленные в державках на планшайбах. Приводятся в движение электродвигателем через зубчатый редуктор. Частота вращения от 250 до 750 об/мин. Меньшие скорости – для грубой обдирки поверхностей, большие – при тонком шлифовании и полировании. Для повышенного качества в рабочую зону подают воду.

Строгальные машины – для строжки деревянных полов. Рабочий орган в виде вращающегося барабана, на периферийной поверхности его установлены ножи. Копирная плоскость отслеживается одним передним и двумя задними роликами. Последние свободно установлены на оси траверсы. Ее положение регулируют рукояткой через подпружиненную тягу, чем достигается требуемая глубина строгания. Барабан вращает электродвигатель через ременную передачу. Стружка выносится воздушным потоком от вентилятора на валу ножевого барабана. Строжку ведут в два прохода: продольным при глубине строгания – 2-2,5 мм, и поперечным (чистовым) – 0,5-1 мм. Производительность – до 40 м<sup>2</sup>/час.

Шлифовальная машина барабанного типа – для шлифования дощатых и паркетных полов. Отличие от строгальной – копирная поверхность отслеживается двумя передними (регулируется по высоте) и одним задним рояльного типа роликами. Рабочий инструмент – шлифовальная шкурка на барабане по слою резины.

Продукты шлифования выносятся потоком воздуха от крыльчатки вентилятора (привод – электродвигатель) и оседает в сборном мешке. Здесь также 2 приема шлифовки – продольная и поперечная проходки. Производительность до 60 м<sup>2</sup>/ч.

Шлифовальные машины дискового типа для шлифования полов в стесненных условиях (под приборами отопления, в углах помещения).

Рабочий орган – вращающийся диск с абразивной шкуркой. Производительность – 5 м<sup>2</sup>/ч.

Устройство полов из рулонных материалов. Раскрой, сварка полотнищ в централизованных подсобных предприятиях. Прикатка, прирезка, подварка отдельных мест – на объекте. Линолеум сваривают: инфракрасным излучением, токами высокой частоты и горячим воздухом. Нагрев кромок и сварочного шнура до T=220-270°C.

Применяют переносную сварочную установку (воздуходувка, переносной диафрагменный компрессор, сварочная головка со спиралью для нагрева воздуха и прижимной ролик). Скорость сварки – 8-10 м/ч.

## **Машины для устройства кровель**

Их удельный вес по трудоемкости 14%. Основные виды кровельных покрытий – рулонные и безрулонные (мастичные) кровли. Технология их устройства: подготовка основания, очистка рулонных материалов от минеральной посыпки, подъем мастики на крышу, наклейка и прикатка рулонных материалов.

1. Пыль удаляют пылесосами и передвижными вакуум-насосами и переносными насосами.

2. Сушка – передвижные огневые установки с керосиновыми горелками и трубами для направления потока горячих газов; воздухоподогреватели для сушки больших площадей с одной или двумя горелками, центробежным вентилятором и диффузором для смешивания горячей газовой смеси с холодным воздухом; воздуходувки с электрическими нагревательными элементами; передвижные установки с вентилятором для сушки оснований совместным действием инфракрасного излучения раскаленного поддона, горячих газов и конвекционного обмена.

3. Очистка от посыпки – протяжка полотнищ между валками, механическая очистка двумя вращающимися круглыми капроновыми щетками.

4. Перекачка мастик – смонтированные на прицепе агрегаты (термос с электронагревателем, смеситель, насосная станция с мастикопроводами). Подача 6 м<sup>3</sup>/ч на высоту до 50 м при давлении 1,5 МПа.

Битум доставляют на объект автогудронаторами. Оборудованы горелками, насосами, котлы-термосы.

Битумоварочные котлы – для приготовления битумных мастик и подачи ее к месту работ. Оборудование смонтировано на одноосном прицепе (бак с крышкой, жаровая система, система подачи, шестеренный насос, привод от электродвигателя). Мастику подают на крышу по мастикопроводу на высоту до 50 м, давление 1,5 МПа, производительность около 5 м<sup>3</sup>/ч.

Для устройства безрулонных кровель из мастичных материалов на полимерной основе применяют передвижные станции (разгружают, разжижают, подают и наносят на поверхность эти материалы распылением). Производительность – 800 м<sup>2</sup>/ч, дальность подачи по вертикали – 50 м, по горизонтали – 80 м.

## **Машины для штукатурных работ**

Механизация таких работ включает: 1-приготовление раствора; 2-доставка его на объект; 3-подачу к рабочим местам; 4-нанесение на обрабатываемую поверхность; 5-отделка этой поверхности.

При больших объемах раствор готовят на заводах или растворных узлах. Доставляют – авторастворовозами. При небольших объемах штукатурных работ и значительной удаленности объекта от растворного узла раствор готовят на стройплощадке в растворосмесителях.

В комплект оборудования для штукатурных работ входят: штукатурные станции или агрегаты, поэтажные станции перекачки и нанесения растворов на поверхности, затирочные машины.

Штукатурные станции – для приема раствора, его хранения, перемешивания с введением добавок, транспортирование к рабочему месту и нанесения на обрабатываемую поверхность. Оборудование смонтировано на автоприцепах или полюзьях. В их состав входят объемные противоточные насосы (плавность подачи, хорошая всасывающая способность и высокий ресурс работы цилиндрической поршневой группы – до 2 тыс. маш-ч).

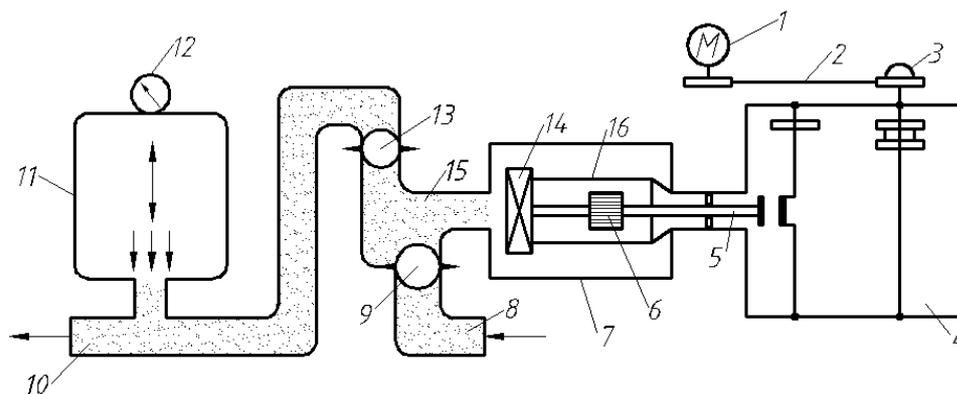


Рис.12.1. Принципиальная система одноцилиндрового противоточного поршневого растворонасоса.

Насос приводится в работу электродвигателем 1 через ременную передачу 2 и двухскоростной редуктор 4. Возвратно-поступательное движение поршню 14 рабочего цилиндра 16 сообщается соединенным с его штоком 6 шатуном 5 от кривошипа выходного вала редуктора. Рабочая камера 15 перекрывается от всасывающего патрубка 8 клапаном 9, от нагнетательного трубопровода 10 – клапаном 13. При движении поршня вправо в рабочей камере создается разрежение, вследствие чего клапан 13 прижимается к своему седлу, а клапан 9 приподнимается, пропуская в рабочую камеру раствор через всасывающий патрубок. При движении поршня влево в рабочей камере избыточное давление, клапан 9 закрывается под действием собственной силы тяжести, а клапан 13 открывается, пропуская раствор в растворовод. Пульсацию снижает воздушный ресивер 11, контроль давления монOMETром 12. Рабочий цилиндр 16 охлаждается водой в камере 7. От поломок, от пробок в трансмиссию включена предохранительная муфта 3 (срабатывает в экстремальных случаях, отключая насос от двигателя). Подача от 2 до 4 м<sup>3</sup>/ч.

Двухцилиндровые дифференциальные растворонасосы – плавность подачи раствора. Подача на высоту 100 м, длину 300 м, P=4 МПа.

$$Q = 15d^2SnK_n;$$

d, S – диаметр и ход поршня;

K<sub>n</sub> – коэффициент объемного наполнения 0,7-0,85;

n – число ходов поршня в мин.

Пневматический растворонагнетатель – для подачи жестких растворов оборудуют штукатурные станции. Рабочую емкость (лопастной смеситель принудительного действия) заполняют сухими компонентами (вяжущим и песком) и водой, нагнетают внутрь сжатый воздух и включают вал с лопастями. Готовую смесь вместе с воздухом выпускают в растворовод через кран. Подача – 2,5...8 м<sup>3</sup>/ч, H=80 м, L=200 м. В состав входят компрессор, пневмораспылительные форсунки.

Передвижные агрегаты циклических смесителей принудительного перемешивания с опрокидными барабанами. Объемные поршневые противоточные и винтовые растворонасосы.

Противоточные: 3 м<sup>3</sup>/ч, H=30 м, L=100 м.

Винтовые: 1 м<sup>3</sup>/ч, H=50 м, L=100 м. Для перекачки растворов на гипсовых вяжущих, замазок, шпатлевок, мастик, малярных составов.

Позатажные штукатурные агрегаты – при небольших объемах работ. Состоит из двух сборных единиц: 1 – растворонасоса; 2 – приемного бункера.

Соединены резиноканевым рукавом. Ресивер, пульт управления. Готовый раствор загружают на вибросито сверху бункера. Подача – до 1 м<sup>3</sup>/ч, H=15 м, L=50 м.

Воздушные (компрессорные) и безвоздушные (безкомпрессорные) форсунки для нанесения штукатурных растворов на поверхность. Наконечник – сопло.

1е - растворы подвижностью 6-12 см при крупности песка до 2,5 мм. Образует факел – равномерное нанесение раствора на поверхность.

2е – для более подвижных растворов (неравномерно, засорение сопел).

Ручные затирочные машины – пневматические и электрические. Для разравнивания нанесенного на оштукатуриваемую поверхность раствора. Рабочий орган – вращающийся диск, к которому через штуцер в одной из рукояток подводится вода для смачивания поверхности.

Торкретные установки – применяют при повышенных требованиях к оштукатуренным поверхностям в отношении водо- и газонепроницаемости, жаростойкости и кислотоупорности, повышенной механической прочности. В их состав входят: цемент – пушка; компрессор; бак для воды; гибкие шланги для воды, воздуха, сухой смеси; сопла. Подача 1,5-4 м<sup>3</sup>/ч, Н=80 м, L=200 м при рабочем давлении сжатого воздуха 0,4 МПа.

## **Машины для малярных работ**

Малярные работы включают: 1 – подготовку поверхности под окраску (чистка, снятие наплывов, расшивку трещин, подмазка отдельных мест, прооливку, нанесение слоя шпатлевки, ее разравнивание и шлифование); 2 – приготовление шпатлевочных и малярных составов; 3- огрунтовку; 4 – окраску.

Поверхности очищают от пыли сжатым воздухом, щетками. Сильнозагрязненные – шлифовальными машинами и металлическими электрощетками. Наплывы – ручными электрическими или пневматическими молотками. На бетонных поверхностях делают насечку – лучшее сцепление слоя шпатлевки. Малярные составы готовят на заводах, цехах предприятий, приобъектных колерных мастерских, передвижных малярных станциях. В состав оборудования двух последних входят: 1 – мелотерки; 2 – краскотерки; 3 – смесители; 4 – насосы-эмульгаторы; 5 – электроклееварки; 6 – вибросита; 7 – средства механизации для транспортировки и нанесения составов.

Малярные агрегаты применяют при больших объемах работ и централизованной доставке шпатлевки в полиэтиленовой таре. Состоят из размещенного в технологической последовательности оборудования для дозирования, транспортирования и нанесения материалов пневмо- или безвоздушными распылителями. Подача: 0,4 м<sup>3</sup>/ч, Н=50м, L=80м.

Передвижные (на колесах) шпатлевочные установки – при небольших объемах работ. Состоят из: двух герметично закрываемых баков, распределительных аппаратов, удочки, материального рукава, воздушные шланги, компрессор, рукоятка распределителя. Производительность: 200 м<sup>2</sup>/ч, давление 0,7 МПа, расход 0,5 м<sup>3</sup>/мин. Можно наносить синтетические, водно-меловые, водно-известковые окрасочные составы. Для поэтажной подачи и нанесения шпатлевок подвижностью от 7 см и более грунтовых и водоклеевых красочных составов – передвижные шпатлевочные агрегаты на базе винтовых насосов.

Передвижные окрасочные агрегаты – окраска распылением краскораспылителями и удочками. Различают переносные, передвижные, пневматического и безвоздушного распыления с электроприводом. Работают от воздушных компрессоров – 0,5 м<sup>3</sup>/мин, рабочее давление – 0,4 МПа, вместимость бака – от 16 до 100 л, производительность – 500 м<sup>2</sup>/ч окрашиваемой поверхности. Переносные – до 50 м<sup>2</sup>/ч, емкость бачка для краски – 0,7л.

Пневматические краскораспылители – рабочие органы агрегатов низкого (до 0,1 МПа) и высокого (более 0,1 МПа) давления. Для окраски фасадов домов, стен промышленных зданий – крупных МК; приборов отопления, панелей в кухнях и санузлах; при небольших объемах работ; художественных работ. Различие их многообразия в размерах и форме отпечатка факела. Высокое качество, надежны и просты в работе и обслуживании. Недостаток: значительные потери краски (до 30%) на туманообразование (эта краска, не достигая окрашиваемой поверхности, уносится сжатым воздухом, резко ухудшая условия работы в закрытых помещениях).

Окрасочный агрегат безвоздушного распыливания. В настоящее время наиболее эффективны. Потери снижены до 2%, не требуется защитных средств. Состоит из: насоса высокого давления (до 30 МПа) мембранного или поршневого типа; краскораспылителя;

материального шланга; электродвигателя. Эффективны при больших объемах с расходом краски до 7 л/мин и дальности подачи по вертикали до 100 м. Производительность более 600м<sup>2</sup>/ч.

Краскопульты – для работы с водно-меловыми и водно-известковыми составами небольшой вязкости. Ручные или приводные насосы. По материальному шлангу состав поступает к краскораспылителю (форсунке) под давлением 0,4 МПа. Он поступает касательно к внутренней полости форсунки, закручивается и вылетает, образуя факел в виде полого конуса.

## **Ручные машины**

Ручными называют машины, рабочий орган которых приводится в движение двигателем, а вспомогательное движение (подача) – оператором вручную.

Ручные машины классифицируют по:

I. Принципу действия:

1 – непрерывно-силовые - с непрерывно вращающимся рабочим органом (сверлильные, шлифовальные, дисковые пилы);

2 – импульсно-силовые (с прерывисто-импульсным режимом: ударном (молотки, перфораторы, вырубные ножницы) и безударном (ножевые ножницы). Чисто ударном режиме (молотки, бетоноломы, трамбовки), ударно-поворотном(перфораторы), ударно-вращательном (гайковерты).

II. Характеру движения рабочего органа:

1 – с вращательным (дисковые пилы, сверлильные, бороздоделы, цепные и ленточные пилы, долбежники, ленточные шлифовальные);

2 – с возвратным (ножницы, напильники, лобзики);

3 – сложным движением (ударно-поворотного и ударно-вращательного действия).

III. Режиму работы: 1 – легкого; 2 – среднего; 3 – тяжелого; 4 – сверхтяжелого.

В легком – сверлильные, сверхтяжелом – все типы машин ударного действия. Реверсивные, нереверсивные, одно- и многоскоростные, с дискретным и бесступенчатым регулированием рабочих скоростей.

IV. Назначению и области применения:

1 – общего назначения для обработки различных материалов;

2 – для обработки металла, дерева, пластмасс, камня, бетона;

3 – для работы по грунту;

4 – для сборочных работ;

5 – особая группа универсальных машин с комплектом насадок.

V. Виду привода: 1 – электрические; 2 – пневматические; 3 – гидравлические; 4 – с приводом от ДВС; 5 – пиротехнические.

Электрическим присваивают три класса защиты от поражения электротоком. I и II класс – с номинальным напряжением более 42 В. III класс защиты – до 42В питающиеся от автономных источников электроэнергии.

VI. Конструктивному исполнению:

1 – прямые (ось вращения рабочего органа и привода совпадают или параллельны);

2 – угловые (расположены друг к другу под углом).

Основные параметры: потребляемая мощность (для электрических – напряжение, род, сила и частота тока; для пневматических – рабочее давление сжатого воздуха). Единой системы индексации для ручных машин не существует. Используют индексы из буквенной и цифровой частей. Например: ИЭ-1202А – ручная электросверлильная многоскоростная машина второй модели, прошедшая первую модернизацию.

И – механизированный инструмент (первая буква); вторая – вид привода: Э – электрический, Г – гидравлический, П – пневматический, Д – ДВС. 1 цифра – группа машин: 1 – сверлильные, 2 – шлифовальные, 3 – резьбозавертывающие, 4 – ударные, 5 – фрезерные, 6 – специальные и универсальные, 7 – многошпиндельные, 8 – насадки и головки инструментальные, 9 – вспомогательное оборудование, 10 – резервная группа. 2 цифра – исполнение: 0 – прямая, 1 – угловая, 2 – многоскоростная, 3 – реверсивная. Последние 2 цифры – номер модели. Буква последняя – очередная модернизация.

Требования: компактность, комплектность, удобство перемещения и быстрота запуска, безопасность, бесшумность, техническая эстетика, min массы и габаритов, удобство в работе, поузловая унификация, снижение трудоемкости и стоимости их изготовления и ремонта.

## **Ручные машины для образования отверстий**

К этому типу относят ручные сверлильные машины и перфораторы для глухих и сквозных отверстий в металле, дереве, пластмассе, бетоне, камне, кирпиче и др. Они являются базовыми для других. Это корпус, двигатель, редуктор, рабочий орган – шпиндель и пусковое устройство. Рабочий инструмент – сверла: по металлу спиральные с цилиндрическим ( $d$  до 6 мм) и коническим хвостовиками. Сверла с  $v$  до 14 мм закрепляют в трехлапчатом патроне, одетом на шпиндель. Режущая часть под углом ( $140^\circ$  – твердые и хрупкие материалы;  $118^\circ$  – сталь, чугун, бронза;  $90^\circ$  – мягкие и вязкие).

Двухлезвийные резцы – кирпич, керамзит-, шлако-бетон, гипсолит.

Твердые сплавы шлямбурные резцы – под розетки, выключатели.  $v$  70÷80 мм.

Ручные перфораторы – отверстия  $l=300-500$  мм ( $P=40-50$  Мпа) и до 4 м в материале любой прочности ( $>200$  МПа).

Электромеханические перфораторы – энергия удара до 10 Дж,  $d=5-80$  мм,  $l=600-700$  мм, масса 16 кг. С энергией удара  $>10$  Дж, масса 35 кг, диаметр отверстия 60 мм, длина 6м. Выпускают от 1 до 25 Дж (промышленность). Применяют так же электромагнитные перфораторы – фугальные и пневматические.

## **Ручные машины для крепления изделий и сборки конструкций**

Для монтажа МК, электромонтажных, сантехнических работ применяют резьбовые соединения (болты, винты, гайки, шпильки, шурупы, гвозди, скобы, дюбели).

Для сборки резьбовых соединений применяют резьбозавертывающие машины, гайко-, шурупо-, шпильковерты с непрерывным силовым или импульсно-силовым движением рабочего органа. Недостаток – значительный реактивный момент, воспринимаемый оператором в конце затяжки соединения. До  $v$  16 мм.

Электрический гайковерт – параметры – 1) максимальный момент затяжки и 2) время затяжки резьбового соединения.

Редкоударные гайковерты – обладают большей точностью (энергия удара около 25 Дж). Имеют на 20-40% меньшую массу и более высокий КПД,  $v$  до 22-52 мм,  $M=400$  до 5000 Н·м. Продолжительность сборки одного соединения – 3-8 сек). Для сборки соединений диаметром 100-200 мм при монтаже технологического оборудования применяют гайковерты с гидравлическим приводом, питаемые от насосной станции.

Шуруповерты (винтоверты) – монтаж перегородок. Удлинитель, переходные втулки, сменные патроны.

Резьбонарезные машины, монтажные сборочные молотки или пистолеты (для забивки крепежных изделий – гвоздей, скоб, дюбелей) – пороховые, пневматические (гвоздескобозабивные пистолеты) и электромагнитные (частота менее 50 Гц, энергия удара – 5-22 Дж) молотки. В бетон М400, сталь с пределом прочности до 450 МПа, кирпич.

Клепальные (пневматические) молотки – заклепки  $v$  36 мм.

Основные параметры: 1 – энергия удара (22-70 Дж); 2 – частота ударов (8-18 Гц); 3 – ударная мощность (400-560 Вт); 4 – удельный расход воздуха (2,45 м<sup>3</sup>/мин/кВ). Горячая клепка для заклепок из стали 20 кп.

### **Ручные машины для разрушения прочных материалов и для работы по грунту**

Для разрушения асфальтобетонных покрытий, мерзлых, прочных, скальных грунтов, элементов СК из различных материалов (камня, кирпича, бетона), пробивки отверстий в стенах и перекрытиях – применяют молотки и бетоноломы. Электромолотки – энергия удара от 2 до 25 Дж, а у ломов – 40 Дж электро и 90 Дж пневмо.

Пневматический рубильный молоток – отечественная промышленность выпускает с энергией удара от 8 до 56 Дж с частотой от 40 до 10 Гц и m=5,5-11 кг. Для скважин в однородных грунтах до IV категории применяют пневмопробойники (v 55-300 мм) и раскатчики грунта (v 55-2000 мм).

Условие проходки скважины пробойником – наличие сил трения между корпусом и стенками скважины. Пробойники применяют для забивки металлических труб и анкеров, глубинного уплотнения грунта, рыхления слежавшихся насыпных материалов.

Основные параметры: 1 – энергия удара; 2 – частота; 3 – диаметр; 4 – длина скважины; 5 – скорость проходки. Давление сжатого воздуха – 0,5-0,7 МПа, удельный расход – от 0,05 до 0,22 (м<sup>3</sup>/с)/кВт. Они просты в устройстве и обслуживании. Недостаток – ограниченная область применения (только в однородных не скальных грунтах немерзлого состояния с каменными включениями не более 0,15 м). Отклонение от заданного курса.

Раскатчики грунта – рабочий орган в виде конических катков, установленных на шейках эксцентрикового вала. v 55-250 мм, мощность двигателя при скорости проходки 20 м/ч – 0,3-5,5 кВт, а масса машины до 150 кг. Мощные раскатчики – масса 25 тонн, мощность до 270 кВт.

### **Ручные машины для шлифования материалов.**

Ими зачищают поверхности, сварочные швы, снимают ГРАТ после газовой резки металла, режут трубы, профильный металл, снимают фаски под сварку листового металла и труб, удаляют наплывы на металле, шлифуют изделия (металл, мрамор, гранит), защищают ступени лестниц. По конструкции они могут быть с вращательным движением рабочего органа – прямыми, угловыми, торцовыми и с гибким валом; машины с замкнутым движением – барабанного типа; со сложным движением – площадочного типа. Рабочий инструмент – абразивные круги, эластичные диски, металлические щетки, войлочные, фетровые, хлопчатобумажные круги. Параметры: v круга (40-160 мм – прямые, 80-230 мм – угловые). Есть прямые пневматические и угловые электрические ручные шлифовальные машины, шлифовальные машины с гибким валом. Их эффективность работы зависит от режима работы, прочности и износостойкости рабочего инструмента.

Шлифовальные круги состоят из естественных или искусственных абразивных кристаллов высокой твердости и прочности и керамической, бакелитовой или вулканической связки. Окружные скорости: 35 м/с, 75 м/с, 18 м/с, армированные круги из электрокорунда – 80-110 м/с.

Плоско- и ленточно- шлифовальные машины – их параметры:

- размер платформы, частота возвратно-поступательных движений (для плоских);
- размеры абразивной ленты и скорость ее движения (для ленточных).

### **Ручные машины для резки, зачистки поверхностей, обработки кромок материалов**

Для резки гладкого гофрированного листового металла, арматуры и других материалов применяют вырубные, ножевые, прорезные, дисковые, рычажные ножницы с

электрическим, пневматическим, гидравлическим приводом. Резка металла толщиной до 4 мм. Дисковые только до 1 мм.

Разновидностью вырубных ножниц являются кромкорезы (подготовка кромок деталей под сварку). Скорость резания ножевых больше, чем вырубных. Производительность ножевых ножниц:

$$П = K \cdot \frac{n(2e-f)}{1000 \operatorname{tg} \beta} \quad (\text{м/мин}), \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент отдачи (0,7-0,9);

$n$  – частота двойных ходов подвижного ножа в минуту;

$e$  – эксцентриситет эксцентрикового вала, мм;

$f = 1,1$  мм – коэффициент, учитывающий упругую деформацию деталей механизма головки;

$\beta$  – угол между кромками ножей в вертикальной плоскости, град.

Труборезы – масса до 26 кг, трубы диаметром 15-20, 245-273 мм,  $\delta_{\text{ст.}}=5-25$  мм. Резка, обработка фасок на торцах труб под сварку. Рабочие органы: резцы, абразивные отрезные круги, диски, ножевые и ленточные полотна.

Шаберы – для чистовой обработки поверхностей и кромок металлических деталей.

Зачистные молотки – чистка труднодоступных мест. Рабочий орган – зубила или пучок стальных игл. Распространены зубильно-зачистные молотки и пучковые – зачистные. Пневматические с энергией удара 1-8 Дж, чистота ударов 60 Гц.

## **Ручные машины для распиловки, долбежки и строжки материалов**

Это пилы, рубанки, долбежники с электроприводом. Деревообрабатывающие машины. Дисковые пилы – распил древесины  $v=100$  мм, резка мрамора, камня.  $V=30-50$  м/с. Мощность  $>0,6$  кВт. Параметры: максимальная глубина пропила (45-100 мм), диаметр диска (125-250 мм), частота вращения ( $1500-4500$  мин<sup>-1</sup>).

Цепные ручные пилы – параметры: максимальный  $v$  распила ( $>600$  мм), длина рабочей шины, ширина пропила, скорость цепи.

Ножовочные пилы – размеры материалов, ширина пропила, частота ходов полотна, ход (20-60 мм).

Долбежники – выборка пазов и гнезд.

Фрезерные машины – рабочий инструмент фреза (для углублений). Электропривод – мощность 0,6-2 кВт.

Разновидность фрезерных машин – бороздоделы. Ширина и глубина паза за 1 проход.

Рубанки – параметры: ширина (75-160) и глубина (1-3 мм) строгания за 1 проход.

## **Общие сведения об эксплуатации строймашин**

В строительстве используется огромный парк строительных машин и оборудования – экскаваторов, бульдозеров, скреперов, погрузчиков, кранов, специального транспорта, механизированного строительного-монтажного инструмента. Надо поддерживать качество машин при их технической эксплуатации, т.е. обеспечивать длительную работу машин с максимальной возможной производительностью при наименьших затратах.

Под производственной эксплуатацией понимают выбор типов машин, их расстановку и определение технологических схем комплексной механизации.

Техническая эксплуатация – это совокупность мероприятий, обеспечивающих поддержание качества машин при их эксплуатации, включающих приемку и сдачу машин, обкатку, монтаж и демонтаж, транспортирование, хранение и консервацию, техническое обслуживание и ремонт, снабжение эксплуатируемыми материалами и запасными частями, обеспечение безопасной эксплуатации. Словом, это комплекс мероприятий, обеспечивающих поддержание машин в работоспособном состоянии, включающих их

приемку и ввод в эксплуатацию, техобслуживание и ремонт, хранение и учет по эксплуатации.

Приемке подлежат машины: 1-новые, 2-после ремонта, 3-после монтажа, 4-передаваемые одной фирмой другой. Проверяют: паспорта, технические описания, инструкции по эксплуатации, комплектность машины, инструмента и запасных частей, техническое состояние путем ее осмотра и испытаний на холостом ходу и под нагрузкой. Машины под контролем органов Госгортехнадзора подвергаются полному техническому освидетельствованию (статические и динамические испытания, прочность несущих конструкций и всех механизмов машины под нагрузкой).

Новые и после капитального ремонта машины перед сдачей в эксплуатацию обкатывают в режимах завода-изготовителя, выполняют крепежные и все контрольно-регулирующие работы, устраняют неисправности, заменяют смазку и жидкости.

В течение всего срока службы машин проводят комплекс организационно-технических мероприятий. Это система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта (ППР). Это профилактические мероприятия – направлены на предупреждение износа и внезапного выхода оборудования из строя.

Основные документы системы ППР:

- 1 – техническая документация предприятий-изготовителей;
- 2 – обобщающие рекомендации по техобслуживанию и ремонту;
- 3 – годовой план и месячные планы – графики техобслуживания и ремонта.

Различают в составе мероприятий ППР:

- 1 – техническое обслуживание (ТО);
- 2 – текущий ремонт;
- 3 – капитальный ремонт.

Межремонтный цикл – время работы машины от начала эксплуатации до первого капитального ремонта (машино-часы).

Периодичность техобслуживания и ремонтов – число часов работы машины между одноименными техническими обслуживаниями или ремонтами.

Установлены нормы периодичности, количества технических обслуживаний и ремонтов, их трудоемкость и продолжительность. Для одноковшовых экскаваторов 4ой размерной группы продолжительность межремонтного цикла равна 12000 ч. За это время они проходят 72 технических обслуживания и 7 текущих ремонтов. Специализированные службы (ремонтно-эксплуатационные базы) имеют участки диагностики, посты для ремонта гидроаппаратуры, узлов машин (двигателей, коробок передач, редукторов, мостов и т.п.)

Различают ТО: 1-ежесменное, 2-периодическое, 3-сезонное (трех уровней – ТО-1, ТО-2, ТО-3) (при хранении, транспортировании и обкатке, началом эксплуатации). ЕО – ежесменное – перед и в конце смены проводится машинистом. Смазка, осмотр рабочих органов, ходовой части, системы управления, тормозов, приборов безопасности, освещения. Для диагностического обследования непосредственно на машинах применяют легкие, компактные приборы – гидротестеры (дроссели – расходомеры) – измеряют производительность насосов, температуру масла, рабочее давление.

Нарушение законодательства по охране труда, несоблюдение правил и норм влечет за собой ответственность:

1. Дисциплинарную – взыскания, понижение в должности, увольнение.
2. Административную – наложение штрафов, возмещение ущерба.
3. Уголовную – при тяжелых случаях травматизма.

Периодические, плановые ТО – время устанавливает изготовитель. Очистка, мойка, осмотр и контроль состояния деталей, агрегатов, систем электро-, гидро-, пневмопривода, рабочего оборудования.

Цель – выявить и устранить обнаруженные дефекты, крепежные, контрольно-регулирующие и смазочные работы.

Сезонное ТО – 2 раза в год. В тормозной, охлаждения, смазки и гидропривода системах заменяют масла и жидкости с промывкой их, устанавливают или снимают утепления, дополнительные устройства. В процессе хранения машин проводят периодическое консервационное обследование. Важно техническое диагностирование – проверка исправности машины, поиск дефектов, сбор данных об остаточном ресурсе или вероятности безотказной работы в межконтрольный период.

Ремонт машин – целью является поддержание и восстановление их исправного и работоспособного состояния путем устранения повреждений. Бывает текущий и капитальный.

Различают также: 1-плановые, 2-неплановые, 3-аварийные, 4-восстановительные ремонты.

Текущий ремонт состоит в замене или восстановлении узлов (кроме базовых) и агрегатов с частичной разборкой машины и проведении регулировочных работ. Основной метод здесь – агрегатный (замена новыми или восстановленными в стационарных условиях).

Капитальный ремонт – целью является восстановление работоспособного состояния машин и их отдельных узлов с заменой или восстановлением агрегатов, включая базовые. Он состоит в восстановлении технико-экономических параметров машин, проводится на специализированных заводах или базах механизации.

Основание: повреждение базового узла – станины, рамы, несущего кузова (только с полной разборкой машины); необходимость замены двух и более сложных агрегатов – двигателя, редукторов, коробок передач и др.

Различают: 1-обезличенный (агрегатный), 2-необезличенный капитальный ремонты.

При 1ом – изношенные детали заменяют новыми, при 2ом – отремонтированные детали устанавливают на ту же машину.