

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 07.06.2022 09:54:48  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра уникальных зданий и сооружений



### **МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине  
«Механизация и автоматизация в строительстве»  
для студентов направления подготовки  
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Курск 2017

УДК 624.04

Составители: С.Ю. Савин, М.С. Губанова

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *В.И. Колчунов*

**Механизация и автоматизация в строительстве:**  
методические указания к практическим занятиям по дисциплине  
«Механизация и автоматизация в строительстве» для студентов  
направления подготовки 08.05.01 Строительство уникальных  
зданий и сооружений / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Ю. Савин.  
Курск, 2017. - 63 с.: ил.44, табл.3. Библиогр.: 63 с.

Данные методические указания предназначены для использования в качестве практического руководства для студентов по дисциплине «Механизация и автоматизация в строительстве». Пособие включают теоретический материал по темам, даны контрольные вопросы и рекомендуемая литература.

Методические указания предназначены для студентов специальности - 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.2017 . Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 3,66 . Уч.-изд.л. 3,32 . Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50лет Октября, 94.

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЗТМ

Основным показателем оценки эксплуатационных качеств машины является ее производительность, т.е. количество выполненной за единицу времени работы. Для ЗТМ количество работы измеряется объемом разработанного грунта при копании или площадью спланированной поверхности при планировочных работах.

Техническая производительность скрепера  $\Pi_T^c$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле:

$$\Pi_T^c = \frac{V_{\text{к}} \cdot \Pi_{\text{н}}^c \cdot \Pi_{\text{р}}^c}{T_{\text{ц}}}, \quad (1.1)$$

где  $\Pi_{\text{н}}^c$  – геометрическая вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$\Pi_{\text{н}}^c$  – коэффициент наполнения ковша, т.е. отношение объёма грунта, набранного в ковш, к геометрической вместимости ковша;

$\Pi_{\text{р}}^c$  – коэффициент разрыхления ковша;

$T_{\text{ц}}^c$  – продолжительность рабочего цикла, с.

$$T_{\text{ц}}^c = t_{\text{н}} + t_{\text{т}} + t_{\text{р}} + t_{\text{м}}, \quad (1.2)$$

где  $t_{\text{н}}$  – соответственно время на наполнение ковша, транспортирование груженого скрепера, разгрузку, транспортирование порожнего скрепера и время на маневрирование.

Для бульдозеров техническая производительность  $\Pi_T^c$ , м<sup>3</sup>/ч, при послойной разработке грунтов определяем по формуле:

$$\Pi_T^c = \frac{V_{\text{п}} \cdot \Pi_{\text{у}}^c}{T_{\text{ц}}}, \quad (1.3)$$

где  $V_{\text{п}}^c$  – объем перемещаемой призмы волочения, м<sup>3</sup>;

$\Pi_{\text{у}}^c$  – коэффициент, учитывающий влияние уклона местности;

Объем призмы волочения  $V_{\text{п}}^c$ , м<sup>3</sup> определяем по формуле:

$$V_{\text{п}}^c = B \cdot H^2 \cdot K_{\text{пр}}, \quad (1.4)$$

где  $B$  – длина отвала, м;

$H$  – высота отвала, м;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от крутизны

откоса в призме волочения и выбираемый в зависимости от отношения  $H/B$ . При  $H/B = 0,15 \dots 0,45$  этот коэффициент изменяется в пределах от 0,65 до 0,6 для связных (типа глин и суглинков) и от 0,45 до 0,35 для несвязных (типа песков и супесей) грунтов.

Продолжительность цикла  $t_{\text{ц}}$  при движении бульдозера с поворотами на концах участка:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{---} \blacksquare \text{---} \blacksquare \text{---} \quad \leftarrow \text{---} \blacksquare \text{---} \\ \hline \end{array}, \quad (1.5)$$

а при возвратном движении задним ходом:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{---} \blacksquare \text{---} \blacksquare \text{---} \quad \leftarrow \text{---} \blacksquare \text{---} \\ \hline \end{array}, \quad (1.6)$$

где  $l_{\text{к}}$  и  $l_{\text{т}}$  – длины участков копания и транспортирования (несовмещенного с копанием), м;

$v_{\text{р}}$ ,  $v_{\text{т}}$ ,  $v_{\text{пх}}$  и  $v_{\text{зх}}$  – скорости рабочего, транспортного, возвратного вперед и возвратного назад ходов, км/ч;

$t_{\text{п}}$  и  $t_{\text{у}}$  – время, затрачиваемое на повороты и управление машиной в течение рабочего цикла, с.

Все скорости определяют расчетом из условий полного использования тягово-цепных свойств базового трактора и с учетом буксования, особенно в режиме копания, уменьшая рабочие скорости на 20...30 % против расчетных. Так же расчетом определяют продолжительность поворота бульдозера, а затраты времени на управление машиной принимают равными  $t_{\text{у}} = 7 \dots 8$  с.

Если копание и транспортирование грунта полностью совмещены, как, например, при засыпке грунтом траншей и котлованов, то зависимость (1.6) преобразуется к виду:

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{---} \blacksquare \text{---} \blacksquare \text{---} \quad \leftarrow \text{---} \blacksquare \text{---} \\ \hline \end{array} \quad (1.7)$$

При выполнении бульдозером или автогрейдером планировочных работ производительность  $\Pi_{\text{т}}^{\text{с}}$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{т}}^{\text{с}} = \frac{v_{\text{т}} \cdot b \cdot h}{3600}, \quad (1.8)$$

где  $\Pi_T^c$  – длина планируемого участка, м;  
 $\Pi_T^c$  – ширина отвала, м;  
 $\Pi_T^c$  – угол установки отвала в плане;  
 $\Pi_T^c$  – ширина полосы перекрытия, м;  
 $\Pi_T^c$  – число проходов по одному месту;  
 $\Pi_T^c$  – рабочая скорость трактора, м/с;  
 $\Pi_T^c$  – время на поворот трактора, с.

Техническая производительность  $\Pi_T^c$ , м<sup>3</sup>/ч, грейдер-элеватора определяется по формуле:

$$\Pi_T^c = \frac{A \cdot L}{t} \cdot k_{\text{ПК}} \cdot \Pi_T^c \quad (1.9)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения стружки, м<sup>2</sup>;

$L$  – длина участка работы, м;

$k_{\text{ПК}}$  – коэффициент потерь грунта при отваливании дисковым плугом на конвейер, транспортировании и разгрузке (в среднем  $k_{\text{ПК}} = 0,85 \dots 0,95$ );

$t$  – продолжительность одной проходки машины с учетом рабочего и холостого перемещения, одного разворота на конце участка, а при разгрузке грунта в транспорт, кроме того, потерь времени, связанных со сменой транспортных средств, с.

Техническая производительность является максимально возможной в данных условиях при непрерывной работе машин.

В действительности машина работает не все рабочее время из-за технологических и организационных простоев. Эти простои, а также возможное снижение производительности из-за особенности системы управления, учитываются эксплуатационной производительностью  $\Pi_T^c$ :

$$\Pi_T^c = \frac{A \cdot L}{t} \cdot k_{\text{ПК}} \cdot \Pi_T^c \cdot \Pi_T^c, \quad (1.10)$$

где  $\Pi_T^c$  – коэффициент использования машины по времени;  
 $\Pi_T^c$  – коэффициент, учитывающий влияние особенностей системы управления: при ручном управлении  $\Pi_T^c$ , при сервоуправлении  $\Pi_T^c$ .

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Студенту выдается задание, где указывается тип машины и условия её работы.

Результаты расчета приводятся в отчёте. По результатам строятся необходимые зависимости.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1 Какие факторы оказывают влияние на техническую производительность? На эксплуатационную?

2 Как влияет дальность транспортировки грунта на производительность ЗТМ?

3 Какие технологические мероприятия повышают производительность ЗТМ?

## 2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ВИБРАТОРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

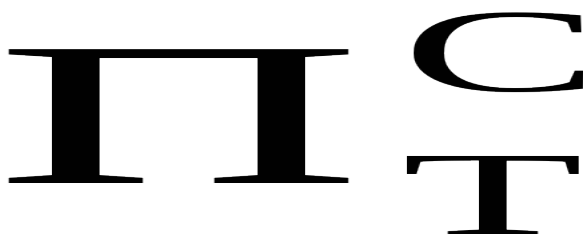
При формировании железобетонных изделий и конструкций применяют различные способы уплотнения бетонной смеси; прессование – воздействие на бетонную смесь значительных давлений; центрифугирование – воздействие на бетонную смесь центробежной силы; вакуумирование – отсос из бетонной смеси избыточной воды и воздуха; вибрирование – воздействие на бетонную смесь колебательных движений.

Наиболее распространен последний способ уплотнения и осуществляется посредством глубинных и площадочных вибраторов и виброплощадок.

В общем случае вибратор состоит из вибровозбудителя с приводом, рабочего органа и амортизаторов.

Электромеханические вибровозбудители по конструктивному исполнению бывают дебалансные, планетарные и бегунковые.

Дебалансный вибровозбудитель может быть ненаправленного и направленного действия (рисунок 2.1).



а – ненаправленного действия; б – направленного действия

Рисунок 2.1 – Дебалансный вибровозбудитель

В дебалансных вибраторах ненаправленного действия вектор центробежной силы  $P_t^c$  вращается с угловой скоростью  $P_t^c$ , а

проекция этого вектора на ось X изменяется по гармоническому закону:

$$P_x = P_a \cdot \cos(\omega t), \quad (2.1)$$

где  $P_a$  – возмущающая сила, Н.

Амплитудное значение возмущающей силы равно центробежной силе, которое определяется по формуле:

$$P_a = m \cdot r \cdot \omega^2, \quad (2.2)$$

где  $P_a$  – амплитудное значение возмущающей силы, Н;  
 $m$  – масса дебаланса, кг;  
 $r$  – радиус вращения центра тяжести дебаланса, м;  
 $\omega$  – угловая скорость вращения,  $s^{-1}$ .

Если вибровозбудитель закрепить в центре рабочей площадки, то получим поверхностный вибратор (рисунок 2.2).



1 - корпус; 2 - электродвигатель; 3 - подшипники; 4 - дебаланс; 5 - площадка

Рисунок 2.2 – Поверхностный вибратор

Техническая производительность  $P_T$ ,  $m^3/ч$ , определяется по формуле:

$$P_T = S \cdot h, \quad (2.3)$$

где  $S$  – площадь контакта между вибратором и поверхностью бетонной смеси,  $m^2$ ;  
 $h$  – глубина проработки, м;



$\Pi_{\tau}^c$  – продолжительность вибрирования на одном месте, с,  $\Pi_{\tau}^c = 30$  с;  
 $\Pi_{\tau}^c$  – продолжительность перестановки вибратора, с,  $\Pi_{\tau}^c = 5-10$  с.

Глубинные вибровозбудители конструктивно выполняются с вынесенным и встроенным двигателем.

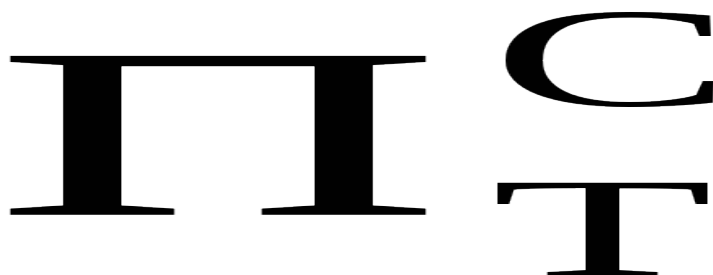
В конструкциях с вынесенным двигателем вращение от двигателя передается через гибкий вал посредством кулачковой муфты правого вращения, а вибровозбудитель фрикционно-планетарного типа с наружной и внутренней обкаткой (рисунок 2.3). В первом случае дебаланс обкатывается своей наружной поверхностью внутри кольца; во втором случае пустотелый бегунок обкатывается своей внутренней поверхностью вокруг стержня.



а – наружная обкатка; б – внутренняя обкатка; 1 – вал электродвигателя; 2 – гибкое соединение; 3 – вал бегунка; 4 – корпус; 5 – бегунок; 6 – поверхность детали  
Рисунок 2.3 – Фрикционно-планетарный вибровозбудитель

В конструкциях со встроенным двигателем (рисунок 2.4) при включенном пускателе ток по кабелю 5 подается на двигатель 4 с насадкой 2, вращающейся на двух шарикоподшипниках, установленных в корпусе 3 с приваренным к нему наконечником 1. Колебания создаются дебалансом, расположенным между опорными подшипниками с жидкой циркулирующей смазкой.

Благодаря отсутствию гибкого вала повышается их надежность в эксплуатации.



1 - наконечник; 2 – насадка; 3 – корпус; 4 – двигатель; 5 – кабель; 6 - пускатель

Рисунок 2.4 – Вибробулава

Техническая производительность глубинных вибраторов  $\Pi_T$ , м<sup>3</sup>/ч определяется по формуле:

$$\Pi_T = \frac{\pi R^2 \nu \tau_1 \tau_2}{t_2}, \quad (2.4)$$

где  $\Pi_T^c$  – радиус действия вибратора, м,  $R = 5-7 D_n$ ;

$D_n$  - наружный диаметр корпуса, м;

$\tau_1^c$  – продолжительность вибрирования на одном месте, с,  $t_1 = 30$  с;

$\tau_2^c$  – продолжительность перестановки вибратора, с,  $t_2 = 5 - 10$  с.

Во время работы следует соблюдать следующие правила: расстояние между местами погружения вибронаконечника должно быть не более 1,5 радиуса его действия; время вибрирования в каждом месте погружения ручного вибратора должно составлять приблизительно 15...30 с; не прижимать вибратор к арматуре или опалубке во избежание перегрузки электродвигателя и преждевременного выхода из строя вибратора; не допускать натяжения и крутых изгибов гибкого вала, шланга или кабеля вибратора. Радиус изгиба вала не должен быть менее 300...350 мм; избегать более продолжительной работы вибратора на холостом ходу (в воздухе), чем это необходимо для его перестановки в процессе уплотнения бетонной смеси с одной позиции на другую (обычно для этого требуется 5...10 с). Особенно важно соблюдать эти требования при эксплуатации глубинных вибраторов со встроенными высокочастотными электродвигателями, рассчитанными на охлаждение их корпуса бетонной смесью.

Изготовление железобетонных изделий на виброплощадках осуществляется в специальных формах, куда устанавливается арматура и загружается бетонная смесь, подвергаемая вибрированию. Имеется большое количество виброплощадок различного конструктивного исполнения и назначения. Одна из них представлена на рисунке 2.5.



1 – форма; 2, 3 – вибровозбудители; 4, 5, 6, 7 – амортизаторы; 8 – основание

Рисунок 2.5 – Виброплощадка

В виброплощадках осуществляется объемное вибрирование, что предопределяет высокое качество уплотнения. Виброплощадки устанавливаются на технологических линиях заводов ЖБИ и служат для получения изделий массового производства.

### **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1 После изучения общих сведений о виброуплотняющих устройствах студенты, развитые на бригады по 2–4 человека, изучают устройство глубинных вибраторов с приводом от гибкого вала и с встроенным электродвигателем и площадочного вибратора, производят замеры элементов вибровозбудителей и параметров вибрации, определяющих процесс уплотнения.

2 Изучение виброплощадок производится по плакатам.

3 Каждый из студентов по заданию преподавателя производит расчет одного из параметров изучаемых устройств по аналитическим зависимостям.

4 Отчет по работе выполняется каждым студентом и защищается индивидуально.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1 Назовите основные способы уплотнения бетонной смеси.
- 2 Приведете схемы дебалансных вибровозбудителей.
- 3 Как определяется величина возмущающей силы дебалансного вибратора?
- 4 Приведите конструктивные схемы планетарных вибровозбудителей.
- 5 Как определяется техническая производительность площадочного и глубинного вибраторов?
- 6 Какие основные правила работы с вибраторами вы знаете?
- 7 Что такое виброплощадка и для чего она предназначена?

### **3. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ**

#### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Смешивание – один из основных процессов строительного производства, имеющий своей целью получить из нескольких материалов однородную смесь, обладающую новыми, по сравнению с исходными компонентами, свойствами.

Основным современным строительным материалом является бетон, получаемый соединением щебня (гравия), песка, цемента, воды и, при необходимости, специальных добавок в определенной пропорции при равномерном распределении этих компонентов между собой.

При смешивании частицы компонентов перемещаются в объеме смесителя друг относительно друга под воздействием импульсов, передаваемых смешиваемой среде рабочими органами. Из всех видов смешивания, наиболее распространённым является механическое, осуществляемое в смесителях гравитационного (рисунок 3.1) и принудительного действия (рисунок 3.2, 3.3).

Последние являются наиболее перспективными машинами, так как позволяют получать смеси любой консистенции за короткое время.

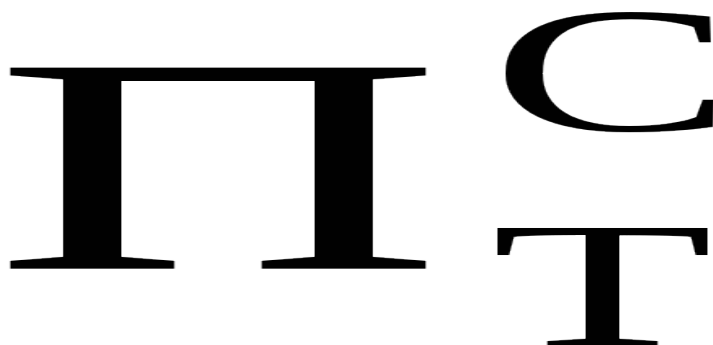
Основным параметром смесителей циклического действия является объём готового замеса в  $\text{м}^3$ , а смесителей непрерывного действия – производительность в  $\text{м}^3/\text{ч}$ .



а – общий вид; б – кинематическая схема; 1 – цилиндрическая обечайка; 2 – смесительный барабан; 3 – электродвигатель; 4, 9 – пневмоцилиндр; 5 – рама; 6 – вентиль; 7 – маслораспылитель; 9 – воздухораспределитель; 10, 12 – подшипники; 11 – зубчатый венец; 13 – шестерня; 14 – муфта; 15 – вал-шестерня; 16, 17, 18 – зубчатые колеса; 19 – запорное устройство

Рисунок 3.1 – Гравитационный бетоносмеситель

Смесители принудительного действия выпускаются двух типов: с горизонтальными смесительными валами и корытообразным корпусом (лотковые) (рисунок 3.2) и с вертикальным смесительным валом и цилиндрическим чашеобразным корпусом (тарельчатые) (рисунок 3.3).



1 - электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – редуктор; 4 – уравнивательная муфта; 5 – зубчатая передача; 6 – патрубок; 7 – лопасть; 8 – сменные лопатки; 9 – распорные втулки; 10 – вал; 11, 12 – подшипники

Рисунок 3.2 – Бетоносмеситель непрерывного действия с принудительным перемешиванием



1 – редуктор с двигателем; 2 – муфта; 3 – глушитель; 4 –  
воздухораспределитель; 5 – вентиль; 6 – пневмоцилиндр; 7 – ротор  
Рисунок 3.3 – Схема циклического бетоносмесителя принудительного  
действия

Технико-экономические показатели смесителей принудительного  
действия представлены в таблице 3.1.

Приведенные данные свидетельствуют об определенных  
преимуществах лотковых двухвальных смесителей перед  
тарельчатыми (роторными) и лотковыми одновальными. Вместе с  
тем двухвальные лотковые смесители не могут конкурировать с  
гравитационными, область применения которых – приготовление  
подвижных смесей с осадкой конуса 3-5 см и выше. Основным  
конструктивным недостатком лотковых смесителей является  
необходимость уплотнения валов.

При работе с крупным заполнителем происходит его заклинивание  
между корпусом и лопастями, что может привести к выходу из  
строя смесительного механизма, и сопровождается интенсивным  
абразивным износом. Для устранения заклинивания применяется  
упругая установка лопастей, однако вследствие большой  
инерционности это указанную проблему полностью не решает.

На кафедре проводятся работы по использованию в смесителях  
упругодеформируемых рабочих органов в виде винтовых спиралей.  
На рисунке 3.4, а представлена лопасть в виде цилиндрической  
спирали, на рисунке 3.4, б – лопасть в виде замкнутой тороидно-

винтовой спирали, на рисунке 3.4, в – смесительный механизм в виде кинематически деформируемой спирали.

Результаты производственных и лабораторных испытаний показывают, что применение таких рабочих органов обеспечивает повышение долговечности в 2,5...3,5 раза, увеличивает производительность в 1,2...1,7 раз; снижает энергоемкость на 20...70% и позволяет либо повысить марку бетона, либо экономить по 20% цемента.



а – лопасть в виде цилиндрической спирали; б – лопасть в виде замкнутой тороидно-винтовой спирали; в – смесительный механизм в виде кинематически деформируемой спирали  
Рисунок 3.4 – Упругодеформируемые рабочие органы смесителей

Производительность смесителей циклического действия  $\Pi_{\text{цд}}$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{цд}} = \frac{V_{\text{с}} \cdot n_{\text{т}}}{T}, \quad (3.1)$$

где  $V_{\text{с}}$  – емкость смесителя (по выходу готовой смеси), л;

$n_{\text{т}}$  – число циклов в час, равное 3600/Т;

Т – время одного цикла, с.

Время одного цикла Т, с, определяем по формуле:

$$T = \Pi_{\text{т}}^{\text{з}} + \Pi_{\text{т}}^{\text{с}} + \Pi_{\text{т}}^{\text{в}}, \quad (3.2)$$

где  $\Pi_{\text{т}}^{\text{з}}$  – время загрузки, с;

$\Pi_{\text{т}}^{\text{с}}$  – время смешивания, с;

$\Pi_{\text{т}}^{\text{в}}$  – время выгрузки, с.

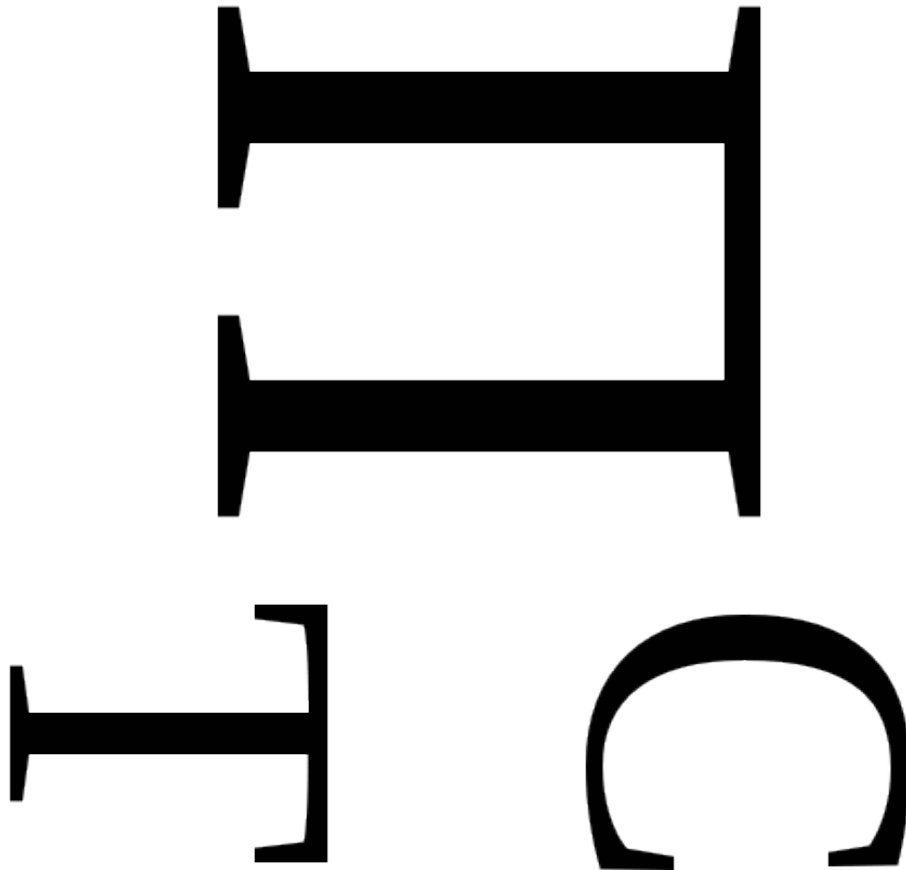
Производительность смесителя непрерывного действия  $\Pi_{\text{нд}}$ , определяется по формуле:



$$\dots, \quad (3.3)$$

где  $\Pi_T^c$  – площадь поперечного сечения материала в смесителе, м<sup>2</sup>;  
 $\Pi_T^c$  – скорость осевого перемещения материала, м/с.

Таблица 3.1 – Техничко-экономические показатели смесителей принудительного действия



В общем случае момент  $M$ , Н·м, необходимый для вращения лопасти (рисунок 3.5), равен:

$$\dots, \quad (3.4)$$

где  $\Pi_T^c$  – коэффициент сопротивления движению лопасти, кПа;  
 $\Pi_T^c$  – проекция ширины лопасти на плоскость, перпендикулярную

направлению вращения, м;

$\Pi_T^c$  – радиусы наружной и внутренней кромок лопасти, м.

Для смесителей с горизонтальными валами, имеющих лопасти одинакового размера, мощность двигателя  $N$ , кВт, определяем по формуле:

$$\Pi_T^c ; \tag{3.5}$$

$$\Pi_T^c , \tag{3.6}$$

где  $\Pi_T^c$  – угловая скорость вала, рад/с;

$z$  – число лопастей;

$\Pi_T^c$  – КПД привода;

$\Pi_T^c$  – коэффициент, учитывающий степень погружения лопастей в смесь. Для лотковых смесителей  $\Pi_T^c$  можно принять равным 0,5.



Рисунок 3.5 – Схема к расчету мощности  $N$  привода принудительных смесителей

Для определения мощности привода роторного смесителя можно пользоваться формулой К.М. Королева:

$$\Pi_T^c , \tag{3.7}$$

где  $\Pi_T^c$  – коэффициент сопротивления, определяемый по таблице 3.2;

$\Pi_T^c$  – угловая скорость ротора, рад/с;





$\Pi_T^c$  – активная площадь  $i$ -той лопасти, м<sup>2</sup>;

$\pi_i^c$  – средний радиус движения  $i$ -той лопасти, м;

$\pi_i^c$  – КПД привода.

Качество приготовленной бетонной смеси на этапе смешивания оценивают с помощью осадки конуса. При этом смешивание считается хорошим, когда колебания осадки конуса для проб смеси, взятых из различных объёмов корпуса смесителя, составляет не более 1 см.

Таблица 3.2 – Данные к определению коэффициента сопротивления бетонной смеси

Вид бетонной смеси	Осадка конуса, см.	Жёсткость, с	Зависимость коэффициента сопротивления $\pi_i^c$ , кПа от средней линейной скорости лопастей $V_{ср}$ , м/с
1 Жёсткая	0	12 – 18	
2 Малоподвижная	0 – 2	4 – 12	
3 Подвижная	4 – 6	–	
4 Весьма подвижная	10 – 12	–	

Приготовленная бетонная смесь транспортируется к месту ее укладки. Различают машины для транспортирования смесей на объект и внутри строительного объекта.

Для доставки бетонной смеси на объекты служат автобетоновозы и автобетоносмесители (рисунок 3.6). Основным их параметром является объем перевозимой смеси.

Транспорт бетонной смеси внутри объекта может осуществляться посредством конвейеров, бадей, специальных перегрузочных и транспортных устройств, а также трубопроводного транспорта. Последний является наиболее прогрессивным и получил широкое распространение.

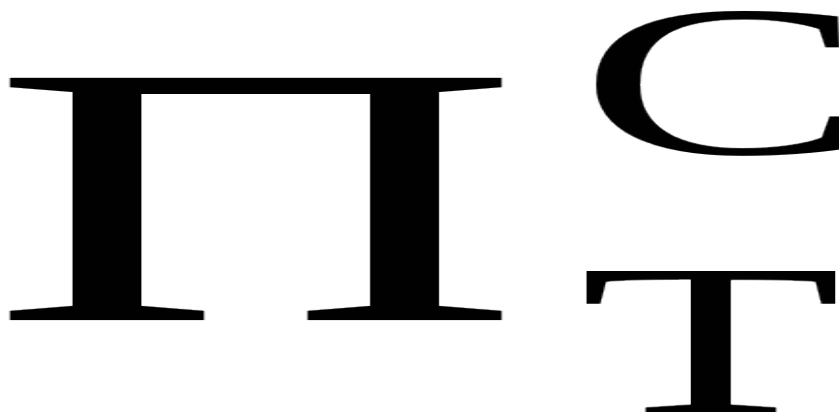
Трубопроводный транспорт включает в себя бетоно- и

растворонасосы (рисунок 3.7, 3.8).



Рисунок 3.6 – Автобетоносмеситель

**Двухпоршневые бетононасосы** являются наиболее эффективными. В них перекачивают смеси с расходом цемента  $250...300 \text{ кг/м}^3$  при водоцементном отношении  $0,55...0,7$ , подвижности  $6...12 \text{ см}$ , крупности заполнителя до  $40 \text{ мм}$ . Диаметр трубопровода должен быть не менее чем в  $2,5...3,0$  раза больше поперечника заполнителя.



а – беспоршневой (шланговый) бетононасос непрерывного действия с гидравлическим приводом; 1 – потребитель бетонной смеси; 2 – обрешиненный ролик; 3 – насосная камера; 4 – вал; 5 – ротор; 6 – нейлоново-неопренный шланг; 7 – побудитель;  
б – поршневой бетононасос с механическим приводом; 1 – загрузочный бункер; 2 – рабочий цилиндр; 3 – поршень; 4 – клапан между загрузочным бункером и рабочим цилиндром; 5 – клапан

между бетоноводом и рабочим цилиндром;  
 в – гидравлическая схема привода цилиндров; 1 – поршень  
 транспортного цилиндра; 2 – транспортный цилиндр; 3 – рабочий  
 цилиндр; 4 – шток

Рисунок 3.7 – Бетононасосы

Основными агрегатами бетононасоса являются  
 распределительные устройства. Схема одного из них представлена  
 на рисунке 3.7 б.

Техническую производительность бетононасоса  $P_T$ ,  $m^3 /ч$  и диаметр  
 $D$ , м, бетоновода обычно задают.

Число двойных ходов поршня  $n$ ,  $2/с$ , определяем по формуле:

$$n = \frac{P_T}{P_T^c \cdot K_{\text{н}}}, \quad (3.8)$$

где  $P_T^c$  – число цилиндров;

$P_T^c$  – ход поршня, м;

$K_{\text{н}}^c$  – объемный КПД насоса,  $\frac{P_T^c}{P_T}$ .

Мощность привода бетононасоса  $N$ , кВт, определяем по формуле:

$$N = \frac{P_T^c \cdot P_T}{K_{\text{н}}^c}, \quad (3.9)$$

где  $P_T^c$  – производительность гидронасоса,  $m^3/с$ ;

$P_T^c$  – давление в гидроцилиндре, Па;

$P_T^c$  – число цилиндров;

$K_{\text{н}}^c$  – объёмный КПД насоса.

Подача поршневых бетононасосов ( $m^3/ч$ )

$$V_{\text{ц}} \cdot n \cdot K_{\text{н}} = Q, \quad (3.10)$$

где  $V_{\text{ц}}$  – объем рабочего цилиндра,  $m^3$ ;

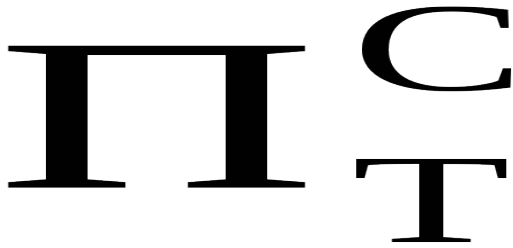
$n$  – число двойных ходов поршня в минуту;

$K_{\text{н}} = 0,8 \dots 0,9$  – коэффициент объемного наполнения смесью  
 рабочего цилиндра.

**Растворонасосы.** Предназначены для транспортирования по  
 горизонтали и вертикали строительных растворов при выполнении  
 штукатурных работ, а также работ по изготовлению стяжки под  
 полы и кровлю. Наиболее распространены поршневые  
 растворонасосы. Они выпускаются производительностью 1, 2, 4 и 6  
 $m^3/ч$ , с наибольшей дальностью подачи по горизонтали до 300 м, по  
 вертикали — до 100 м и могут перекачивать растворы с осадой по

конусу СтройЦНИЛ от 7 см и выше. Наиболее перспективной является конструкция поршневого растворонасоса с непосредственным воздействием поршня на раствор (рисунок 3.8). Он предназначен для транспортирования штукатурных растворов с крупностью фракций песка в растворе не более 5 мм. Растворонасос является одноцилиндровым 11, дезаксиальным, без промежуточной жидкости с непосредственным воздействием поршня на перекачиваемый раствор 4. Поршневой шток 7 и шатун 10 соединяются через крейцкопф, что обеспечивает прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня. Камера корпуса цилиндра полностью заполняется чистой водой 5 через расположенную сверху горловину. Слив воды производится внизу камеры через сливную пробку. Чтобы вода из камеры не попала в редуктор, между ними устанавливается сальниковая втулка. Поршень насоса состоит из двух резиновых манжет 6. К корпусу цилиндра фланцем крепится клапанный блок с двумя свободно действующими шаровыми клапанами: нижним всасывающим 12 и верхним нагнетательным 3. Для улучшения всасывания клапаны выполнены обрешиненными. В местах установки клапанов на клапанном блоке сделаны смотровые окна, которые закрываются заглушками. Заглушки выполнены таким образом, чтобы их можно было легко и быстро открыть непосредственно на рабочем мосте и устранить замеченные неисправности в работе клапанов. Кроме того, эти окна предназначены для промывки насосной части растворонасоса. К клапанному блоку фланцем подсоединен воздушный колпак 2, в который систематически производится подкачка воздуха. В средней части воздушного колпака имеется смотровое окно с заглушкой. В верхней части вмонтирован манометр 1. Рядом с воздушным колпаком установлен перепускной кран для подачи раствора из насоса в растворовод или слив его в бункер.

Привод растворонасоса осуществляется от электродвигателя 8 через двухскоростной цилиндрический редуктор 9, который обеспечивает частоту вращения кривошипного вала растворонасоса 80 и 40 мин<sup>-1</sup>.



1 – манометр; 2 – воздушный колпак; 3, 12 – шаровой клапан; 4 – перекачиваемый раствор; 5 – чистая вода; 6 – манжета резиновая; 7 – поршневой шток; 8 – электродвигатель; 9 – цилиндрический редуктор; 10 – шатун; 11 – цилиндр

Рисунок 3.8 – Растворонасос

### Подача поршневых противоточных растворонасосов

$$Q = \frac{\pi d^2 s n K_n}{4} \quad (3.11)$$

где  $d$  – диаметр поршня, м;  
 $s$  – ход поршня, м;  
 $n$  – число ходов поршня в минуту;  
 $K_n$  – коэффициент объемного наполнения ( $K_n = 0,7 \dots 0,85$ ).

Для транспортирования растворов, не содержащих твердых включений, рационально применять винтовые растворонасосы, которые работают при давлении около 2 МПа и транспортируют растворы на расстояние до 50 м по горизонтали и до 25 м по вертикали. Штукатурный раствор, как правило, транспортируется по резиновым шлангам диаметром 50,8 мм с одним или несколькими кордовыми слоями. Шланги прокладывают от насоса к месту производства работ по проемам лестничных клеток.

При устройстве стяжек под полы и кровлю к месту укладки подают жесткие растворные смеси из пневматических растворонагнетателей (рисунок 3.9), в которых бак 2 через загрузочную воронку заполняют песком, цементом и водой. Загрузочное отверстие закрывают крышкой 3, затем сжатым воздухом, подаваемым в бак и растворовод, через краны 4, 8 смесь транспортируется к месту укладки. Лопасты 6, сидящие на валу 7 встроенного смесителя принудительного действия, получающего вращение через привод 1 (выполняющие одновременно функции

дозатора), охватывают весь внутренний объем резервуара, и компоненты перемешиваются с образованием густой нетекучей массы. Поскольку процесс происходит в резервуаре с избыточным давлением воздуха, цемент лучше раскрывается, в результате повышается качество смеси и ее прочность увеличивается на 10...20 %. Смесь дозировочно-смесительными лопастями подается к выходному отверстию бака и вместе с воздухом через кран 11 поступает в напорный трубопровод 10. В подающем шланге образуется поток, материала, состоящий из порции смеси и промежуточных воздушных прослоек. При подаче происходит интенсивное перемешивание, способствующее улучшению качества смеси. В зависимости от расстояния и высоты подачи давление воздуха достигает 0,2...0,7 МПа. Во избежание пиковых давлений перепускной клапан 9 дополнительно подает воздух в трубопровод, если рабочее давление превышает 0,6 МПа. Этим достигается уменьшение количества материала в подающем трубопроводе. В верхней части бака установлен предохранительный клапан 5, который отрегулирован на наибольшее давление 0,7 МПа, при превышении которого он срабатывает и стравливает воздух в атмосферу. Выгрузка смеси на месте укладки производится посредством гасителя 12, выполненного в виде изогнутой трубы с защитным кожухом. Это необходимо для того, чтобы избежать потерь смеси, так как они выбрасываются с большой скоростью.

В пневматических растворонагнетателях нет клапанов и поршней с кривошипно-шатунными механизмами, что обеспечивает высокую надежность их работы. Однако необходимость применения компрессора повышает стоимость их эксплуатации. Наличие колесного хода дает возможность быстрой перевозки его на прицепе автомобиля. Пневматические растворонагнетатели могут подавать до 2,5 м<sup>3</sup>/ч жесткой смеси на расстояние до 40 м по вертикали и до 150 м – по горизонтали, с расходом сжатого воздуха 2,5 м<sup>3</sup>/мин.





1 - привод; 2 – бак; 3 – крышка; 4,8,11 – кран; 5 – предохранительный клапан; 6 – лопасть; 7 – вал; 9 – перепускной клапан; 10 – напорный трубопровод; 12 - гаситель  
Рисунок 3.9 – Пневматический растворонагнетатель

Отечественные насосы позволяют перекачивать смеси на расстояния до 250 м по горизонтали и до 80 м по вертикали при развиваемом давлении 3...12 МПа и производительности 15...120 м<sup>3</sup>/ч.

Основные агрегаты бетоносмесителей и бетононасосов работают в условиях высокоабразивного износа в среде быстротвердеющей смеси. Для их правильной эксплуатации требуется периодически очищать и промывать рабочие зоны. Бетоновозы в зимнее время необходимо утеплять.

Основные агрегаты бетононасосов находятся под давлением, поэтому при их эксплуатации необходимо выполнять все правила, регламентируемые Госгортехнадзором. После монтажа оборудования проводятся испытания системы под давлением в 1,5 раза выше расчетного.

### **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1 После изучения общих сведений о машинах для приготовления и транспортирования бетонных смесей студенты, разбитые на бригады по 2–4 человека, производят изучение моделей смесителей и пневмонагнетателей, а по плакатам – основных узлов и агрегатов

бетоносмесителей и бетононасосов.

2 Для одного из видов оборудования по указанию преподавателя каждая из бригад производит расчет параметров по аналитическим зависимостям.

3 На моделях смесителей каждая из бригад производит смешивание строительных смесей и визуальное изучение их рабочих процессов.

4 Все полученные результаты заносятся каждым студентом в отчет, который защищается индивидуально.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1 Назначение и область применения смесителей.

2 Основные параметры смесителей.

3 Как определить потребляемую смесителем мощность?

4 Опишите преимущества и недостатки смесителей с вертикальными и горизонтальными валами.

5 Как влияет на потребляемую мощность двигателя угол установки лопастей?

6 Как определить производительность циклического смесителя?

7 Как определить производительность смесителя непрерывного действия?

8 Как осуществляется транспорт бетонных смесей к месту их укладки?

9 Как определить мощность бетононасоса?

10 Назовите необходимые условия нормальной эксплуатации бетоносмесителей и бетононасосов?

## **4. МАШИНЫ ДНЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Измельчение – процесс уменьшения размеров кусков твердого материала. В зависимости от конечной крупности кусков (мм) материала различают следующие основные виды измельчения (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Виды измельчения

Виды измельчения	Крупность кусков материала, мм
Дробление	
Крупное	100...350
Среднее	40...100
Мелкое	5...40
Помол	
Грубый	5...0,1
Тонкий	0,1...0,05
Сверхтонкий	менее 0,05

Процесс измельчения можно охарактеризовать степенью измельчения

$$\Pi_{\tau}^c, \quad (4.1)$$

где  $\Pi_{\tau}^c$  – средний размер исходных кусков;

$\Pi_{\tau}^c$  – средний размер измельченных кусков.

Более точно качество помола определяется, например, путем отсева на ситах исходного и готового продуктов.

Дробление материалов ведут в одну или несколько стадий. Преимущественное распространение получило стадийное дробление, при котором материал дробят в 2...3 приема на дробилках разных типов. Уже на каждой стадии дробления получают материал с требуемыми размерами кусков. Такие куски отсеиваются на грохоте, установленном перед дробилками разных стадий. Дробилки последних стадий работают, как правило, в замкнутом цикле с виброгрохотом, при этом материал крупнее заданного размера возвращается в ту же дробилку для повторного дробления (рисунок 4.1).

При одностадийном дроблении получаемые мелкие зерна заполняют промежутки между крупными и защищают их от непосредственного воздействия дробящих органов машины, что

сопровождается дополнительным измельчением материала и расходом энергии.

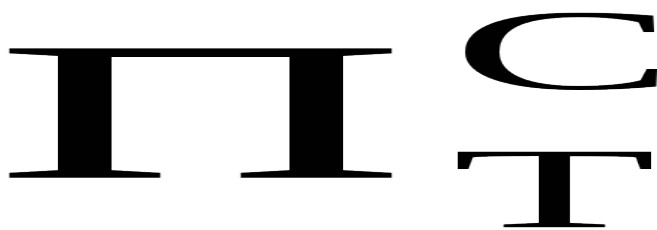


1 – вагонетка; 2 – пластинчатый конвейер; 3 – колосниковый грохот; 4 – щековая дробилка; 5, 7 – виброгрохоты; 6 – валковая дробилка; 8 – бункер для песка и пыли; 9 – расходный бункер; 10 – склады товарного щебня

Рисунок 4.1 – Типовая схема дробильно-сортировочной установки

В машинах для измельчения используются следующие основные методы разрушения (рисунок 4.2): раздавливание (рисунок 4.2, а), удар (рисунок 4.1, б), раскалывание (рисунок 4.2, в), излом (рисунок 4.2, г), и истирание (рисунок 4.2, д).

В реальных аппаратах одновременно могут реализовываться несколько методов, например, раздавливания и истирание, удар и истирание и др. Необходимость в различных методах измельчения, а также различия по принципу действия в конструкциях и размерах машин для измельчения вызывается многообразием свойств и размеров измельчаемых материалов, а также различными требованиями к крупности готового продукта. Применяемые для измельчения машины разделяют на дробилки и мельницы.



а – раздавливание; б – удар; в – раскалывание; г – излом; д – истирание

Рисунок 4.2 – Основные методы разрушения

Дробилки по принципу действия разделяют на щековые (рисунок 4.3, а), в которых материал подвергается разрушению между двумя плитами-щеками при их периодическом сближении: конусные (рисунок 4.3, б), в которых материал разрушается между двумя коническими поверхностями, одна из которых движется эксцентрично по отношению к другой; валковые (рисунок 4.3, в), в которых материал измельчается между двумя валками, вращающимися навстречу друг другу; дробилки ударного действия, которые бывают молотковыми (рисунок 4.3, г), в которых материал измельчается в основном ударом шарнирно подвешенных молотков, и роторными. Измельчение в последних (рисунок 4.3, д) происходит за счет воздействия бил, жестко прикрепленных к ротору, на материал.

Мельницы по принципу действия разделяют на барабанные (рисунок 4.3, е, ж, з), в которых материал измельчается, во вращающемся (рисунок 4.3, е) или вибрирующем (рисунок 4.3, ж) барабане с помощью загруженных в барабан мелющих тел или без них ударами и истиранием кусков материала между собой и с элементами внутренней поверхности барабана в мельнице самоизмельчения, роliko-маятниковые (рисунок 4.3, и), в которых ролик прижимаются к бортам чаши центробежной силой, ударные (рисунок 4.3, к) мельницы, в которых материал измельчается быстро вращающимся ротором с молотками, струйные (рисунок 4.3, л), где материал измельчается в результате трения и соударения частиц, а также о стенки камеры, разгоняясь воздушным потоком. В последнее время в Белорусско-Российском университете предложен новый тип мельницы (рисунок 4.3, м), разрушение в которой осуществляется в клиновых пространствах между витками

вращающейся подобно гибкому валу дугообразно изогнутой винтовой спирали. Эта мельница находится на стадии развития и совершенствования.



дробилки: а – щековые; б – конусные; в – валковые; г – молотковые; д – роторные; мельницы: е, ж, з – барабанные; и – ролико-маятниковые; к – ударные; л – струйные; м – винтовые  
Рисунок 4.3 – Аппараты для дробления и измельчения

**Щековые дробилки.** Их применяют для крупного и среднего дробления прочных и средней прочности пород на первичной и вторичной стадиях дробления. По характеру движения подвижной щеки щековые дробилки разделяют на дробилки с простым и сложным качанием щеки.

Дробилка с простым качанием щеки (рисунок 4.4, а, б) состоит из сварного корпуса 1, в котором в подшипниках установлен эксцентриковый вал 7 с подвешенным к нему шатуном 8. Нижний конец шатуна имеет специальные гнезда, в которых свободно вставлены концы распорных плит 12 и 13. Противоположный конец распорной плиты 13 вставлен в гнездо подвижной щеки 3, подвешенной на оси 5. Конец плиты 12 упирается в клиновидный упор регулировочного устройства 9. Тяга 11 и пружина 10 обеспечивают

обратное движение подвижной щеки и удерживают от выпадания распорные плиты. К неподвижной 2 и подвижной щекам крепятся дробящие плиты 4 с вертикальным рифлением, являющиеся основными рабочими органами щековых дробилок. Рабочие поверхности дробящих плит и боковые стенки корпуса дробилки образуют камеру дробления. Дробящие плиты устанавливаются так, чтобы выступы одной располагались против впадин другой (рисунок 4.4, в). Привод дробилки состоит из электродвигателя и многорядной клиноременной передачи с массивным шкивом-маховиком 6.



а – конструктивная схема; б – кинематическая схема; в – схема прохождения материала через разгрузочную щель; г – схема для определения производительности щековой дробилки; 1 - корпус; 2 – неподвижная щека; 3 – подвижная щека; 4 – дробящая щека; 5 - ось; 6 – шкив-маховик; 7 – эксцентриковый вал; 8 - шатун; 9 – регулировочное устройство; 10 - пружина; 11 - тяга; 12, 13 – распорная плита

Рисунок 4.4 – Щековая дробилка с простым качанием щеки

**Дробилка со сложным качанием щеки** (рисунок 4.5) по конструкции проще, чем с простым качанием, и имеет меньшую

массу. В ней отсутствует шатун, а подвижная щека 1 подвешена непосредственно к эксцентриковому валу 2, в результате чего точки подвижной щеки движутся по эллиптическим траекториям с минимальной разностью осей эллипса вверху и максимальной внизу.

Дробление материала происходит в результате раздавливания, раскалывания, излома и истирания материала. Дробилки со сложным качанием щеки применяют для среднего и мелкого дробления пород средней крепости. Сложное движение подвижной щеки приводит к более интенсивному износу дробящих плит и более частой их замене.

Недостатками щековых дробилок являются циклический характер их работы и высокая энергоёмкость процесса разрушения. Удельная мощность [кВт/(м<sup>3</sup>/ч)] при минимальной ширине разгрузочной щели достигает у дробилок с простым качанием 1,2...4,6 и со сложным качанием щеки – 0,9...4,6.



а - кинематическая схема; б - конструктивная схема; 1 – подвижная щека; 2 – эксцентриковый вал

Рисунок 4.5 – Щековая дробилка со сложным качанием щеки

**Конусные дробилки** применяют для дробления пород с прочностью  $\alpha_{сж}$  до 300 МПа с высокой степенью абразивности. В таких дробилках материал раздавливается в камере дробления рабочим конусом, совершающим пространственное качание внутри неподвижного конуса (рисунок 4.6 а, б). В каждый момент одна из образующих дробящего конуса оказывается наиболее



приближенной к внутренней поверхности неподвижного конуса, а противоположная ей образующая – наиболее удаленной. Таким образом, в любой момент поверхности дробящих конусов, сближаясь, производят дробление материала, а в зоне удаления этих поверхностей ранее раздробленный материал под действием собственной массы разгружается через кольцеобразную выпускную щель.

Процесс дробления в конусных дробилках, в отличие от щековых, происходит непрерывно при последовательном перемещении зоны дробления по окружности конусов, что способствует более равномерной нагрузке механизма и двигателя дробилки. Размер наибольших кусков, которые могут быть загружены в дробилку, определяется радиальной шириной загрузочного отверстия. Характеристика крупности дробления и производительность дробилки зависят от радиальной ширины разгрузочного отверстия.

Различают конусные дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления. Они отличаются между собой способом установки и углами конусности дробящих конусов.

В конусных дробилках для крупного дробления (рисунок 4.6, а) измельчение материала производится в кольцевом рабочем пространстве, образованном двумя конусами: неподвижном 2 и подвижном – дробящим 7. Первый закреплен к основанию дробилки 1. Дробящий конус плотно насажен на вал 6, верхний конец которого шарнирно с помощью подвесного подшипника 4 крепится к траверсе 5, а нижний – свободно входит в стакан-эксцентрик 11. Последний может вращаться в вертикальном подшипнике 12 станины дробилки. Вращение стакану-эксцентрику передается от электродвигателя через горизонтальный вал 9 и коническую передачу 10. Дробящие конусы бронированы плитами 3 и 8 из износостойкой стали. Геометрические оси подвижного конуса описывает коническую поверхность с вершиной в точке подвеса вала, а сам конус совершает круговые качания внутри неподвижного. Дробление материала происходит в зоне, где поверхности конусов сближаются, а разгрузка – там, где эти поверхности расходятся.

Максимальная крупность кусков, загруженных в дробилку при  $B = 900, 1200$  и  $1500$  мм, составляет соответственно  $750, 1000$  и  $1200$  мм, а ширина разгрузочной щели –  $125...225$  мм.

Конусные дробилки для среднего и мелкого дробления (рис. 4.6, б) значительно отличаются от дробилок для крупного дробления, прежде всего, очертанием профиля рабочего пространства. Подвижный дробящий конус 7 имеет угол при вершине  $80...100^{\circ}$  «пологий конус», у дробилок крупного дробления этот угол составляет  $20...30^{\circ}$  («крутой конус»). Неподвижный дробящий конус 3 также расширяется книзу, образуя с подвижным «параллельную зону» (рис. 4.6, в), при движении по которой материал подвергается неоднократному сжатию и дроблению до размера, равного выходной щели. Поэтому крупность продукта дробления определяется шириной закрытой, а не открытой, как у дробилок крупного дробления, разгрузочной щели. Камеры дробления этих дробилок принимают меньшие по размеру куски и выдают более мелкий продукт. Наибольший размер загружаемого куска в дробилки среднего дробления  $60...300$  мм при размере разгрузочного отверстия  $12...60$  мм; у дробилок мелкого дробления соответственно  $8...170$  мм при размере разгрузочного отверстия  $5...20$  мм.

В таких дробилках иначе выполнена опора дробящего конуса. Вал 6 (рис. 4.6, б), на котором насажен дробящий конус, выполнен консольным, не имеющим верхней опоры. Если у дробилок для крупного дробления дробящий конус шарнирно подвешен к траверсе, то у дробилок для среднего и мелкого дробления опора дробящего конуса расположена в центре его качания и выполнена в виде сферического подпятника 13 большого радиуса, воспринимающего как массу конуса и вала, так и усилия дробления. Нижний конец вала вставлен в эксцентриковую втулку 11, размещенную в стакане, представляющим одно целое со станиной дробилки. Эксцентриковая втулка получает вращение от электродвигателя через горизонтальный вал и коническую передачу. Материал поступает на диск-питатель 14 и равномерно распределяется по всему загрузочному отверстию.



а – крупного дробления; б – среднего и мелкого дробления; в – профили камер дробления конусных дробилок; в – размер выходной щели; 1- основание дробилки; 2 – неподвижный конус; 3, 8 – плиты; 4 – подвесной подшипник; 5 – траверса; 6 – вал; 7 – подвижный конус; 9 – горизонтальный вал; 10 – коническая передача; 11 – стакан-эксцентрик; 12 – подшипник; 13 – подпятник; 14 – диск-питатель; 15, 16, 17 – камеры дробления  
Рисунок 4.6 – Конусная дробилка

**Валковые дробилки.** Рабочими органами валковой дробилки (рисунок 4.7) являются два параллельных цилиндрических вала 2 и 4, вращающиеся навстречу один другому. Попадающий в рабочую зону кусок материала увлекается трением о поверхность валков и затягивается в рабочее пространство, где подвергается дроблению в результате раскалывания, излома и истирания. Поверхности валков изготавливают гладкими и рифлеными. Валки монтируются на станине 1 в подшипниках 3 и 6. Подшипники одного либо двух валков имеют пружинные опоры 5, которые могут перемещаться в направляющих при попадании в дробилку недробимого предмета. Вращение вала сообщается от электродвигателя через клиноременную передачу с частотой  $75...190 \text{ мин}^{-1}$ .

Наибольший размер куска материала, загружаемого в дробилку, зависит от угла захвата, определяемого диаметром валков и коэффициентом трения о металлическую поверхность валков. Для возможности захвата гладкими валками исходного продукта в зоне дробления необходимо, чтобы угол захвата валков не превышал

угол трения материала о поверхность валков. Максимальный размер кусков зависит от диаметра валков и размера разгрузочной щели. Для выполнения этих условий диаметр гладкого валка в 10 раз должен превосходить размер камня, а при рифленых поверхностях валков – в 12 раз. Поэтому валковые дробилки применяют только для вторичного дробления пород средней и малой прочности, а также для измельчения вязких и влажных материалов. Степень измельчения – 4...12. Типоразмер дробилки характеризуют диаметром и длиной валков.



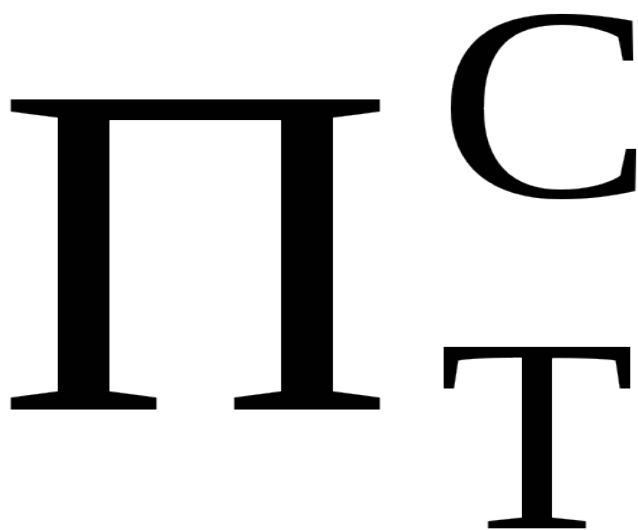
1 – станина; 2, 4 – цилиндрические валки; 3, 6 – подшипники; 5 – пружинные опоры

Рисунок 4.7 – Валковая дробилка

**Роторные и молотковые дробилки.** Роторные дробилки применяют для дробления известняка, доломита, руд, мрамора и других подобных им материалов, обладающих малой абразивностью. Их выпускают двух типов: для крупного дробления, которые используют на первичной стадии дробления; для среднего и мелкого дробления, используемые на заключительных стадиях дробления. Работа таких дробилок основана на принципе разрушения пород ударными нагрузками. Роторные дробилки обеспечивают получение щебня высокого качества, преимущественно кубообразной формы, с одновременным обогащением продукта дробления, так как более слабые составляющие пород подвергаются значительному измельчению и отсеиванию от основных фракций.

Роторная дробилка представляет собой коробчатый корпус 3, в котором размещены вращающийся с большой скоростью ротор 1 с

жестко закрепленными на его внешней поверхности билами 2 (рисунок 4.8). Вращение ротору сообщается от электродвигателя через клиноременную передачу. Внутри корпуса подвешены отражательные плиты 4 и 7, нижняя часть которых опирается на пружинно-регулирующее устройство 5 и 6, позволяющее регулировать ширину выходной щели, а также пропускать недробимое тело при его попадании в камеру дробления. Дробление материала осуществляется в результате удара по нему бил и удара кусков об отражательные плиты, чем достигается высокая (10...20) степень дробления. В сравнении с другими типами дробилок роторные дробилки имеют меньшую металлоемкость, небольшие габариты, что в сочетании с высокой степенью дробления обусловило применение их на передвижных дробильных установках. Размер наибольшего куска, загружаемого в дробилки крупного дробления, 800... 1000 мм, среднего – 400...1000 мм при окружной скорости 20...35 м/с.



1 – ротор; 2 – била; 3 – коробчатый корпус; 4, 7 – отражательные плиты; 5, 6 – пружинно-регулирующее устройство  
Рисунок 4.8 – Роторная дробилка

**Молотковые дробилки** (рисунок 4.9) Молотковая дробилка состоит из сварного корпуса 1, в котором установлены ротор 2, отбойная плита 4, поворотная 5 и выдвигная колосниковая решетки 6. Ротор состоит из одного или нескольких дисков,

закрепленных на общем приводном валу. Дробление материала осуществляется под действием удара по нему молотков 3 массой 15...20 кг, шарнирно закрепленных к дискам вращающегося ротора, и соударения кусков с плитами и колосниковыми решетками. Положение колосниковых решеток и отбойной плиты – регулируемое. Рабочий зазор между внутренней поверхностью колосниковой решетки и ротором выбирают в зависимости от крупности продукта дробления. При крупном дроблении обычно он в полтора-два раза больше поперечника максимальных кусков продукта дробления, а при мелком – в три-пять раз. Размер наибольшего куска материала, загружаемого в молотковые дробилки, – 75...600 мм при окружной скорости молотков 60 м/с. При вращении ротора молотки под действием центробежных сил занимают направление по линии, соединяющей ось вращения ротора с осью вращения молотка. При ударе молотки поворачиваются вокруг своей оси в направлении, противоположном вращению ротора. Шарнирное крепление молотков у молотковых дробилок существенно отличает их от роторных с жестко закрепленными билами. Недостатком молотковых дробилок является быстрый износ молотков и колосниковых решеток. Они также не могут быть рекомендованы для измельчения слишком низких (глинистых) влажных материалов, которые забивают колосниковую решетку.



1 – сварной корпус; 2 – ротор; 3 – молоток; 4 – отбойная плита; 5 – поворотная решетка; 6 – колосниковая решетка

Рисунок 4.9 – Молотковая дробилка

Машины для измельчения материалов должны иметь простую конструкцию, обеспечивающую удобства и безопасность обслуживания, малое число изнашивающихся и легко заменяемых элементов, устройства для предохранения повреждения при

попадании недробимых предметов, отвечать санитарно-гигиеническим нормам звукового давления, вибрации и запыленности воздуха.

Основным показателем работы машин для измельчения является их производительность.

Для щековой дробилки производительность:

$$P = \frac{V \cdot n \cdot K}{60}, \quad (4.2)$$

где  $V$  – объем материала, выпадающий из зева дробилки за один оборот (отход) подвижной щеки;

$n$  – число качаний (отходов) подвижной щеки;

$K$  – коэффициент, учитывающий разрыхление дробимого материала.

Для валковой дробилки производительность:

$$P = \frac{B \cdot L \cdot v \cdot K}{60}, \quad (4.3)$$

где  $B$  – ширина разгрузочной щели, м ;

$L$  – длина валков, м;

$v$  – окружная скорость валков, м/с;

$K$  – коэффициент, учитывающий использование длины валков, степень разрыхления материала, неравномерность подачи;

$K_1$  для мягких, и  $K_2$  – для твердых пород.

Машины для измельчения удобно характеризовать удельными показателями работы:

– удельной энергоемкостью, т.е. отношением расходуемой энергии к массе измельченного продукта,  $E_{уд}$  :

$$E_{уд} = E/P; \quad (4.4)$$

– удельной металлоемкостью, т.е. отношением массы машины к её производительности,  $M_{уд}$  т · ч/т:

$$M_{уд} = M/P; \quad (4.5)$$

–удельной производительностью, т.е. отношением производительности к массе машины,  $T_{уд}$  т/т·ч:

$$P_{уд} = P/M \quad (4.6)$$

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1 После изучения общих сведений о машинах для измельчения студенты знакомятся с конструкциями щековой и валковой дробилок и шаровой, вибрационной и винтовой мельниц и производят замеры их рабочих камер и определяют кинематические и энергетические параметры работы, (частоты вращений и мощности привода).

2 Студенты, разбитые на бригады по 2–4 человека, по заданию преподавателя производят пуск различных машин и измельчают в них пробы материала, определяют степень измельчения, производительность и удельные показатели работы,

3 По заданию преподавателя каждый из студентов выбирает измельчитель для переработки предложенного ему материала.

4 Все полученные результаты заносятся каждым студентом в отчет, который защищается индивидуально.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1 Отличие дробления от помола. Их основные показатели.

2 Что такое степень измельчения?

3 Основные методы измельчения. За счет, каких воздействий осуществляется измельчение в щековой и молотковой дробилках?

4 Приведите основные типы дробилок.

5 От чего зависит и как определяется производительность щековой дробилки?

6 От чего зависит и как определяется производительность валковой дробилки?

7 Какие удельные показатели измельчения вы знаете, и как они определяются?

## **5. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ**

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Под транспортными средствами понимают машины и оборудование, предназначенное для перевозок различных



штучных, сыпучих, кусковых, жидких смесей и грузов в строительстве. В качестве транспортных средств в строительстве используют водный, наземный и воздушный. Свыше 90% перевозок на объекты строительства осуществляется названным транспортом: автомобильным, железнодорожным и трубопроводным.

Автомобильный транспорт наиболее мобильный и массовый. С его помощью более 60 % строительных грузов доставляется без перегрузки непосредственно на строительные объекты. Расходы на это составляют около 12...15 % стоимости строительно-монтажных работ.

Различают автомобильный транспорт общего назначения и специализированный. В первом случае это грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы, а также седельные тягачи, колесные и гусеничные тракторы; Во втором – грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы, тракторы, предназначенные для перевозки определенного вида груза (труб, ферм, панелей, порошков, контейнеров и т.д.).

***Грузовые автомобили.*** Основными частями грузового автомобиля массового производства является двигатель, кузов и шасси (рисунок 5.1). Шасси включает силовую передачу (трансмиссию), несущую раму, на которой смонтированы двигатель, кабина, передний и задний мосты с пневмоколёсами, упругая подвеска, соединяющая мосты с рамой, механизм управления и электрооборудование. По конструкции кузова различают автомобили общего назначения и специализированные. Автомобили общего назначения имеют кузов в виде опрокидываемой открытой платформы с откидными бортами для перевозки любых видов грузов, специализированные – для перевозки определенных видов грузов. На грузовых автомобилях применяют поршневые двигатели внутреннего сгорания.

Главным параметром, определяющим конструкцию автомобиля, является нагрузка на одиночную ось. Для дорог с усовершенствованным покрытием она составляет 100 кН и 60 кН для общей дорожной сети.

По грузоподъемности грузовые автомобили разделяются на автомобили малой, средней, большой и особо большой грузоподъемности.



Рисунок 5.1 – Грузовой автомобиль

**Тракторы колесные и гусеничные** (рисунок 5.2). Их используют для перемещения тяжелых грузов по грунтовым и временным дорогам. Агрегатируются они с бортовыми и саморазгружающимися прицепами, а также с прицепными и навесными строительными машинами (скреперами, бульдозерами, экскаваторами, трубоукладчиками и др.). Главным параметром тракторов является максимальное усилие на крюке. Усилие на крюке гусеничных машин примерно равно их массе, а колесных – 0,5...0,6 от массы.

**Пневмоколесные тягачи.** Такие одно – и двухосные тягачи предназначены для работы с различного рода прицепным (одноосные) и навесным и прицепным (двухосные) рабочим оборудованием строительных машин (рисунок 5.3). Пневмоколесные тягачи обладают высокими тяговой характеристикой, транспортными (до 50 км/ч и более) скоростями, большим диапазоном рабочих скоростей, хорошей маневренностью, что способствует достижению высокой производительности строительных машин, создаваемых на их базе.



а – гусеничный с передним расположением двигателя; б – гусеничный с задним расположением двигателя; в – пневмоколесный с передними управляемыми колесами; г – с шарнирно-сочлененной рамой

Рисунок 5.2 – Тракторы колесные и гусеничные

Автомобили, тракторы, одноосные, двухосные и специальные тягачи служат базой для установки на них оборудования для перевозки самых разнообразных строительных грузов. К ним следует отнести: плетевоз (рисунок 5.4), цементовоз (рисунок 5.5), битумовоз (рисунок 5.6), панелевоз (рисунок 5.7), автобетоносмеситель (рисунок 5.8), растворовоз (рисунок 5.9), скрепер (рисунок 5.10), землевоз (рисунок 5.11), автосамосвалы (рисунок 5.10) и автопоезда (рисунок 5.11) и др. Для работы с базовыми транспортными средствами предназначены также прицепы и полуприцепы.



а – скрепер; б – землевоз; в – кран; г – цистерна для цемента и жидкостей; д – тяжеловоз; е – кран-трубоукладчик; ж – траншейный экскаватор; з – корчеватель; и – бульдозер; к – рыхлитель; л – погрузчик

Рисунок 5.3 – Прицепное и навесное оборудование одно- и двухосных тягачей

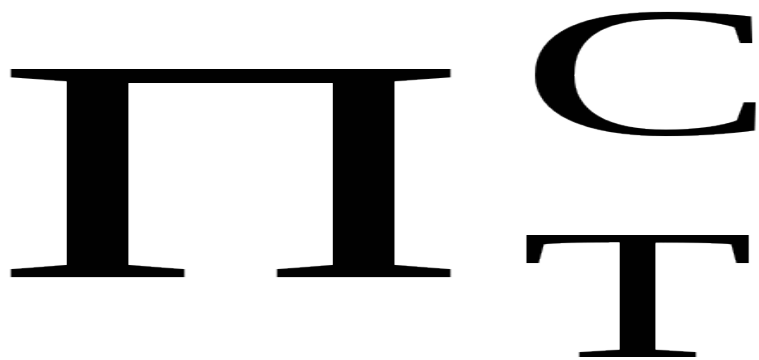


Рисунок 5.4 – Плетевоз



Рисунок 5.5 – Цементовоз

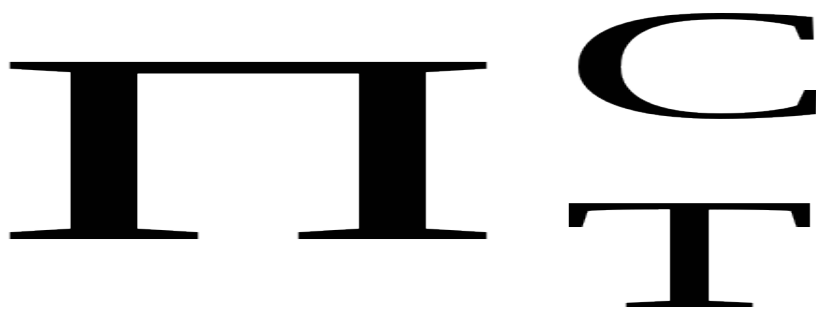
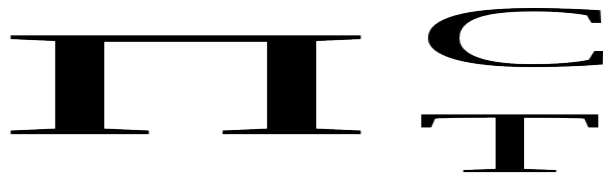


Рисунок 5.6 – Битумовоз



а – общий вид полуприцепа хребтового типа; б...д – расположение панелей на полуприцепах – панелевозах различных типов

Рисунок 5.7 – Полуприцеп – панелевоз



Рисунок 5.8 – Автобетоносмеситель

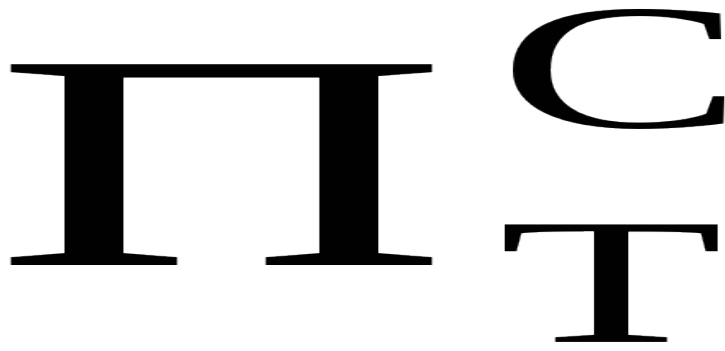


Рисунок 5.9 – Растворовоз



Рисунок 5.10 – Скрепер



Рисунок 5.11 – Землевоз

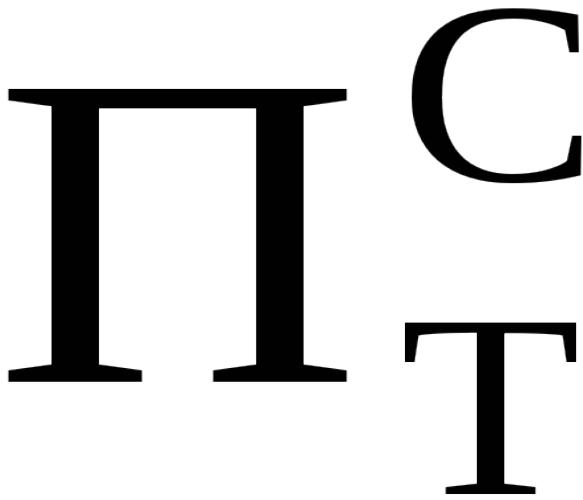


Рисунок 5.12 – Автомобиль – самосвал общего назначения



Рисунок 5.13 – Автопоезд

Скорость движения поезда  $v_{\max}$ , км/ч, на отдельных участках пути определяется из условия использования полной мощности двигателя по формуле:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{P_T^c}{\pi_T^c \cdot R_T^c}}, \quad (5.1)$$

где  $P_T^c$  – мощность тягача (трактора), кВт;

$\pi_T^c$  – КПД силовой передачи;

$R_T^c$  – общее сопротивление движению поезда на данном участке, кН.



Скорость длительного безостановочного движения машины на практике обычно принимают равной  $(0,7 \dots 0,8) V_{\max}$ .

Зная скорость движения  $V_i$  на каждом участке движения дороги и протяжённость этих участков  $\Pi_i^c$ ; можно определить время  $t$  одной ездки с грузом по трассе следования:

$$\Pi_T^c \quad (5.2)$$

Продолжительность рейса включает время загрузки, гружёного хода, разгрузки и порожнего хода.

Производительность поезда  $\Pi$ , т/ч, за один рейс:

$$\Pi_T^c, \quad (5.3)$$

где  $\Pi_T^c$  – масса груза, т;  
 $\Pi_T^c$  – продолжительность рейса, ч.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

- 1 После изучения общих сведений о транспортных средствах и агрегатах для перевозки строительных грузов студенты по плакатам и моделям изучают устройство, принцип действия и назначение отдельных видов машин и их узлов.
- 2 По заданию преподавателя каждый из студентов или подгруппа студентов проводит углублённое изучение одной из машин и её узлов и определяет её производительность.
- 3 Отчёт выполняется каждым студентом и защищается индивидуально.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1 Перечислите основные виды строительных грузов.
- 2 Приведите схемы грузовых автомобилей.
- 3 Приведите схемы тракторов.
- 4 Из каких основных узлов и систем состоит грузовой автомобиль?
- 5 Из каких основных узлов и систем состоит трактор?
- 6 Назовите специальные транспортные средства для перевозки строительных грузов.
- 7 Как определяется производительность поезда для перевозки строительных материалов?

## **6. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ РУЧНОГО МЕХАНИЗИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА**

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Ручной механизированный инструмент получил широкое применение в строительстве при выполнении монтажных и отделочных работ.

Ручной механизированный инструмент – это машины, у которых главное движение (движение рабочего органа) производится двигателем, а вспомогательное (подача) управление выполняются непосредственно оператором вручную. Механизированный инструмент имеет малую массу и размеры, при его эксплуатации должна обеспечиваться полная безопасность и высокая экономичность.

### **Классификация инструмента**

Классифицируют ручной механизированный инструмент по основному назначению и области применения; роду энергии питания привода; характеру движения рабочего органа; исполнению и регулированию скорости; методу обеспечения безопасности работ.

По назначению инструмент разделяют по видам работ: для обработки металлов, дерева и камня, для сборочных и монтажных работ, для буровых работ.

Наибольшее распространение получили электрический, пневматический и гидравлический инструменты.

Классификация механизированного инструмента по трем основным признакам дана на рисунке 18.1.

Все ручные инструменты имеют индекс, состоящий из буквенной и цифровой части. По индексу определяют вид привода, группу инструмента по назначению и ее конструктивные особенности. Буквенная часть индекса характеризует вид привода: ИЭ – электрический, ИП – пневматический, ИГ – гидравлический, ИД – двигатель внутреннего сгорания. Первая цифра индекса означает номер группы, характеризующей тип машины: 1 – сверлильные; 2 –

шлифовальные; 3 – резьбовозавёртывание; 4 – ударные; 5 – фрезерные; 6 – специальные и универсальные; 7 – многошпиндельные; 8 – головки инструментальные; 9 – вспомогательное оборудование. Вторая цифра обозначает номер подгруппы характеризующей исполнение инструмента: 0 – прямая; 1 – угловая; 2 – многоскоростная; 3 – реверсивная.



Рисунок 6.1 – Классификация механизированного инструмента

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

### **1 Изучение конструкций и принципа действия инструментов**

Гайковёрты, электрорубанки, электроножницы, электросверлилки, перфораторы изучаются по рисункам, схемам и натуральным образцам.

**Ручные сверлильные машины.** По объему выпуска они занимают первое место в мире среди всех выпускаемых ручных машин.

Ими выполняются глухие и сквозные отверстия в самых разнообразных материалах (металле, дереве, пластмассе, бетоне, камне, кирпиче и т. д.), они являются базовыми для универсальных ручных машин, ими можно зенковать и развертывать отверстия и применять для сборочных работ.

В соответствии с общей классификацией сверлильные ручные машины относятся к непрерывно-силовым машинам с вращательным движением рабочего органа, реверсивными и нереверсивными, одно- и многоскоростными со ступенчатым,

бесступенчатым и смешанным регулированием частоты вращения рабочего органа. Двигатели ручных сверлильных машин – электрические, пневматические и гидравлические.

Основными сборочными единицами ручной сверлильной машины являются: двигатель, редуктор, пусковое устройство, заключенные в корпус. На рисунке 6.2, а показан общий вид, а на рисунке 6.2, б кинематическая схема прямой пневматической ручной сверлильной машины. Сжатый воздух подается компрессором и через пусковое устройство 6 поступает в пневматический двигатель 4, выходной конец вала которого является солнечной шестерней планетарного редуктора 3, смонтированного в корпусе 2. Водило редуктора является шпинделем машины 1, который выполнен с наружным конусом для закрепления трехкулачкового сверлильного патрона. Машина имеет рукоятку пистолетного типа 5, в передней части которой смонтирован глушитель шума 7.



а - общий вид; б - кинематическая схема; 1 - шпиндель; 2 – корпус; 3 – редуктор планетарный; 4 – пневмодвигатель; 5 – рукоятка; 6 – пусковое устройство; 7 – глушитель

Рисунок 6.2 – Пневматическая ручная сверлильная машина

На рисунке 6.3 показан общий вид, а на рисунке 6.3, б кинематическая схема прямой электрической ручной сверлильной машины. Пуск машины производится выключателем 9, к которому

подводится ток посредством кабеля 10. Электрический двигатель, состоящий из статора 4 и ротора 6, встроен в корпус 5 и заключен между передней 13 и задней 12 крышками. Момент с вала ротора 7 передается шпинделю 1 через двухступенчатый редуктор 3 с цилиндрическими косозубыми колесами, расположенными в корпусе 2. Ведущая шестерня редуктора нарезана на валу ротора, а ведомая закреплена на шпинделе, который установлен на двух шарикоподшипниках и имеет внутренний конус Морзе № 1 для закрепления сверл. Машина имеет замкнутую рукоятку 8, в которой смонтировано устройство для устранения радиопомех. Для охлаждения двигателя служит вентилятор 11, сидящий на валу ротора.



а - общий вид; б - кинематическая схема; 1 – шпиндель; 2 – корпус; 3 – редуктор; 4 – статор; 5 – корпус электродвигателя; 6 – ротор; 7 – вал ротора; 8 – рукоятка; 9 – выключатель; 10 – кабель; 11 – вентилятор; 12 – задняя крышка; 13 – передняя крышка

Рисунок 6.3 – Электрическая ручная сверлильная машина

Эффективность процесса резко повышается при сочетании резания материала с его складыванием. Это возможно при использовании сверлильных машин ударно-вращательного действия.

В этих машинах, в отличие от ударно-поворотных машин-перфораторов, на возвратно-поступательное перемещение рабочего органа затрачивается менее 50 % подводимой к машине энергии. Последние модели ручных электрических сверлильных машин ударно-вращательного действия могут работать с изменяющимся

движением рабочего органа – просто вращением и вращением с ударом вдоль оси сверла (рисунок 6.4).



Рисунок 6.4 – Принцип действия ударно-вращательного механизма сверлильной машины

### **Ручные машины для крепления изделий и сборки конструкций.**

Монтаж металлоконструкций, электромонтажные и сантехнические работы, крепление различного оборудования к фундаментам, сборка столярных изделий осуществляется различными резьбовыми соединениями. Эти работы весьма трудоемки, так как они рассредоточены и выполняются в стесненных и труднодоступных местах. Основными операциями при сборке являются заворачивание гаек или болтов, затяжка и ее контроль

**Частоударные гайковерты.** Весь процесс сборки резьбового соединения такими гайковертами осуществляется за 100...200 ударов в течение 4...5 с. Основными параметрами являются максимальный диаметр затягиваемой резьбы и момент затяжки. Для ограничения момента затяжки применяют муфты предельного момента или ограничивают время действия ударного механизма. Однако это не обеспечивает необходимой точности параметров затяжки резьбового соединения, вследствие чего частоударные гайковерты применяются только для сборки неответственных резьбовых соединений.

На рисунке 6.5 показан гайковерт с электрическим двигателем, предназначенный для завинчивания и отвинчивания болтов и гаек, состоящий из рукоятки 5 с пусковым устройством, корпуса 4 с вмонтированным электродвигателем, планетарного редуктора 3,

ударно-импульсного механизма 2 и шпинделя 1 с закрепленным на нем торцовым ключом 9. Ударный механизм заканчивается полумуфтой.

Электродвигатель передает вращение через планетарный редуктор ударному механизму, состоящему из кулачкового цилиндра и пружины. В начале работы гайковерта кулачки шпинделя под действием пружины 8 отключены от кулачков цилиндра, и электродвигатель работает вхолостую. При нажатии гайковертом на затягиваемую гайку шпиндель, преодолевая сопротивление пружины, входит в зацепление с цилиндром ударно-импульсного механизма, и гайка наворачивается до упора.

При затяжке гайки или болта с возрастанием крутящего момента цилиндр под действием шариков 7, заложенных в винтовые канавки в водиле, начинает затормаживаться, одновременно перемещаясь вдоль водила (оси), и выходит из зацепления с кулачками шпинделя, сжимая пружину 6. В этот момент освободившийся цилиндр вместе с водилом поворачивается на некоторый угол, торцы кулачков цилиндра скользят по кулачкам шпинделя.

Как только они перестают касаться друг друга торцами, сжатая пружина посылает вперед цилиндр, который, продолжая вращаться, наносит своими кулачками удар по кулачкам шпинделя и поворачивает его, а вместе с ним и затягиваемую гайку или болт. Затем цилиндр снова отходит назад, выходя из зацепления с кулачками шпинделя, а, возвращаясь, наносит удар по кулачкам шпинделя. Процесс повторяется до тех пор, пока гайка или болт не затянется до конца. Для отвертывания болта или гайки фазы переключают с помощью штепсельного соединения.



1 - шпиндель; 2 – ударно-импульсный механизм; 3 – планетарный редуктор; 4 – корпус; 5 – рукоятка; 6,8 – пружина; 7 – шарики; 9 – торцовый ключ

Рисунок 6.5 – Частоударный гайковерт

**Редкоударные гайковерты.** Характерной особенностью таких машин является высокая энергия удара и малая их частота. Они осуществляют процесс затяжки за 2...3 удара, требуют меньшей мощности двигателя и имеют меньшую массу. Принцип работы редкоударного гайковерта заключается в том, что после разгона ударно-вращательного механизма до расчетной угловой скорости, с помощью синхронизирующего устройства происходит освобождение ударника и его ввод в межулачковое пространство шпинделя. После ударного взаимодействия ударника и шпинделя происходит резкое падение угловой скорости ударника и его возврат в исходное положение под действием пружины.

На рисунке 6.6 представлен ручной пневматический редкоударный гайковерт. Пневматический ротационный двигатель 9 размещен в рукоятке 11 между стальным стопорным пальцем 8 и крышкой 10, выполненной из полимерного материала. Здесь же размещены пусковое устройство с реверсом 14, глушитель шума 13 и штуцер 12 для подачи сжатого воздуха от компрессора. Выходной вал ротора двигателя 7 конструктивно соединен с ударно-вращательным механизмом 4, который включает в себя корпус 2, шпиндель 1 и ударный механизм, состоящий из двух частей. Ведущая часть ударного механизма 6 закреплена в корпусе 2 с помощью подшипника, ведомая часть 5 с помощью устройства



синхронизации 18 служит для передачи крутящего момента с ударника на шпиндель. Устройство синхронизации состоит из центробежных грузов 15, синхронизирующей втулки 17, закрепленной на валике 16, и пружин 3, 19.

Принцип действия гайковерта заключается в следующем. При нажатии на курок пускового устройства сжатый воздух поступает в камеры пневматического двигателя и, преодолевая момент сил сопротивления, приводит его во вращение в направлении, соответствующем положению реверса. Вместе с валом ротора пневматического двигателя во вращение приводятся ведомая и ведущая части ударно-вращательного механизма и устройство синхронизации. По достижении расчетной угловой скорости грузы под действием центробежной силы, преодолевая усилие пружины, перемещают ведомую часть ударно-вращательного механизма (ударник) в осевом направлении, обеспечивая контакт с синхронизирующей втулкой. При дальнейшем увеличении угловой скорости ударник совместно с синхронизирующей втулкой, преодолевая усилие пружины, продолжает осевое перемещение в сторону шпинделя.

При достижении определенного взаимного расположения кулачков шпинделя и ударника происходит угловой поворот синхронизирующей втулки относительно оси, перпендикулярной оси вращения ротора. Синхронизирующая втулка освобождает ударник от действия пружины, и кулачки последнего входят в межкулачковое пространство шпинделя. Если значение момента сил сопротивления на шпинделе мало, то крутящий момент пневматического двигателя через замкнутые кулачковые пары передается на шпиндель и производит его вращение. В случае, если же момент сил сопротивления на шпинделе превысит некоторое значение, достаточное для преодоления осевой составляющей центробежных сил, пружина возвращает ударник в исходное положение, размыкая кулачки ударника и шпинделя. Далее рабочий цикл повторяется.



1 - шпиндель; 2 - корпус; 3, 19 – пружина; 4 – ударно-вращательный механизм; 5 – ведомая часть ударного механизма; 6 – ведущая часть ударного механизма; 7 – ротор двигателя; 8 – стопорный палец; 9 – пневматический ротационный двигатель; 10 – крышка; 11 – рукоятка; 12 – штуцер; 13 – глушитель шума; 14 – реверс; 15 – центробежный груз; 16 – валик; 17 – синхронизирующая втулка; 18 – устройство синхронизации  
Рисунок 6.6 – Редкоударный гайковерт

## **Ручные машины для шлифования и резки материалов**

**Шлифовальные машины.** Ручные шлифовальные машины по объему выпуска занимают второе место после ручных сверлильных машин. Это объясняется большим разнообразием выполняемых ими операций и возможностью обработки самых различных материалов. В соответствии с общей классификацией ручные шлифовальные машины относятся к непрерывно-силовым и могут быть с вращательным, замкнутым и сложным движением рабочего органа. Они являются машинами общего применения и выпускаются с пневматическими и электрическими двигателями всех трех классов защиты от поражения электрическим током. По конструктивному исполнению шлифовальные машины с вращательным движением рабочего органа могут быть прямыми, угловыми, торцовыми и с гибким валом, машины с замкнутым движением – барабанного типа и сложным – площадочного типа.

Ручная электрическая шлифовальная машина с гибким валом показана на рисунке 6.7. Гибкий вал получает вращение от вала электродвигателя посредством кулачковой муфты направленного вращения. Необходимость установки муфты направленного вращения вызвана тем, что при включении асинхронного двигателя его ротор может получить правое или левое вращение. При неверном включении муфта не передает крутящий момент и гибкий вал не будет выведен из строя.



6 – шлифовальный круг; 7 – прижимной фланец; 8 - упорный фланец; 9 - винт; 10 - гайка; 11 – защитный кожух; 12 - дополнительная рукоятка; 13 – основная рукоятка; 14 – виброизоляция

Рисунок 6.7 – Ручная шлифовальная машина с гибким валом

К другому концу гибкого вала крепится прямая сменная шлифовальная головка. Прямая головка имеет основную рукоятку 13 с виброизоляцией 14, внутри которой на двух радиальных шариковых подшипниках установлен шпиндель, получающий вращение от гибкого вала. На шпинделе прижимным 7 и упорным 8 фланцами, винтом 9 и гайкой 10 крепится рабочий орган – шлифовальный круг 6. Для удобства работы головка имеет дополнительную рукоятку 12 и защитный кожух 11.

**Машины для резки материалов.** Они предназначены для вырубки криволинейных заготовок, люков и окон в различных изделиях из листового металла толщиной до 4,0 мм. Ими также можно резать гофрированные листы. При работе ножницами достигаются точность раскроя, чистота реза и ровность кромок. При вырезке замкнутых контуров предварительно просверливают отверстие,

равное наружному диаметру матрицы держателя. В процессе резания используется принцип долбления. Рабочим инструментом являются пуансон 2 и матрица 1. За каждый ход пуансона 2 снимается стружка серповидной формы. Подача характеризуется максимальным размером стружки в ее средней части. Срез имеет вид полоски, ширина которой равна диаметру пуансона. Пуансон закреплен на ползуне 3, который через шатун 4 получает возвратно-поступательное движение от кривошипного вала 5. Вращение от двигателя на кривошипный вал передается через зубчатый редуктор. В ножницах с пневматическим ротационным двигателем вращение передается через планетарный редуктор, обеспечивающий компактность конструкции.

**Вырубные ножницы** (рисунок 6.8, а). Они предназначены для вырубки криволинейных заготовок, люков и окон в различных изделиях из листового металла толщиной до 4,0 мм. Ими также можно резать гофрированные листы. При работе ножницами достигаются точность раскроя, чистота реза и ровность кромок. При вырезке замкнутых контуров предварительно просверливают отверстие, равное наружному диаметру матрицы держателя. В процессе резания используется принцип долбления. Рабочим инструментом являются пуансон 2 и матрица 1. За каждый ход пуансона 2 снимается стружка серповидной формы. Подача характеризуется максимальным размером стружки в ее средней части. Срез имеет вид полоски, ширина которой равна диаметру пуансона. Пуансон закреплен на ползуне 3, который через шатун 4 получает возвратно-поступательное движение от кривошипного вала 5. Вращение от двигателя на кривошипный вал передается через зубчатый редуктор. В ножницах с пневматическим ротационным двигателем вращение передается через планетарный редуктор, обеспечивающий компактность конструкции.

**Ножевые ножницы** (рисунок 6.8, б, в). Они предназначены для резки листового металла толщиной до 4 мм. Двигатель и редуктор этих ножниц унифицированы с вырубными. Режущая головка, состоящая из вставного подвижного ножа 8, закрепленного на ползуне и неподвижного 6, закрепленного на улитке 7, может иметь два исполнения. В одном исполнении режущая грань неподвижного ножа (рисунок 6.8, в) параллельна оси двигателя, в другом (рисунок

6.8, б) расположена под углом. При работе ножниц с наклонным положением ножа возникает составляющая усилия резания, вследствие чего оператору требуется прикладывать увеличенное усилие на подачу. Правильная установка и заточка ножей обеспечивают получение высокой производительности безопасности работы.



1 - матрица; 2 - пуансон; 3 - ползун; 4 - шатун; 5 – кривошипный вал; 6 – неподвижный нож; 7 - улитка; 8 – подвижный нож  
Рисунок 6.8 – Ножницы


## 2 Определение усилия создаваемого ударником перфоратора

Усилие  $\Pi_T^c$ , Н, развиваемое перфоратором, определяется по формуле:

$$\Pi_T^c = F \cdot S \quad (6.1)$$

где  $\Pi_T^c$  – площадь ударника, м<sup>2</sup>;

$$F = \pi d^2 / 4, \quad (6.2)$$

$\Pi_T^c$  – среднее индикаторное давление внутри цилиндра перфоратора при рабочем ходе, МПа,  ;

$\Pi_T^c$  – диаметр ударника, м.

Мощность N, кВт, развиваемая перфоратором, определяется по формуле:

$$\frac{A \cdot S}{\pi \cdot \tau}$$

(6.3)

где  $A$  – работа единичного удара ударника, Дж,  $A = 0,785 \cdot 10^6 \cdot d^2 \cdot p_i$

$S$ ;

$\pi$  – номинальный ход ударника, м;

$\tau$  – масса ударника, кг;

$n$  – число ударов ударника в секунду.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1 Дайте общую классификацию ручного инструмента. Укажите его достоинства и недостатки.
- 2 Что такое главное движение и движение подачи?
- 3 Маркировка и индексация ручного инструмента.
- 4 Как определить основные параметры пневмоинструмента ударного действия?

## Список литературы

1. Строительные машины и оборудование: справочное издание / М. С.Добронравов, С. С. Добронравов. – М.: Высш. шк., 2006. – 445 с.
2. Жулай, В.А. Детали машин: курс лекций / В.А. Жулай. Воронеж. гос.арх.-строит. ун-т., 2006 – 232 с.
3. Строительные машины / Под ред. Д.П. Волкова. – М.: Высшая школа, 1988. – 319 с. : ил.
4. Строительные машины: справочник / Под ред. В.А. Баумана, Ф.А. Лапира. – М. : Машиностроение, 1976. – Т 1. - 502 с. : ил.
5. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов / Бауман В.А. [и др.]. – М. : Машиностроение, 1970. – 548 с. : ил.
6. Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей / Ю.Ф. Чубук [и др.]. – Киев: Вища школа, 1985. – 168 с. : ил.
7. Белецкий, Б.Ф. Строительные машины и оборудование: Справочное пособие / Б.Ф Белецкий. – Ростов н/Д : Феникс, 2002. – 592 с. : ил.
8. Доценко, А.И. Строительные машины: Учеб. для вузов / А.И.Доценко. – М. : Стройиздат, 2003. – 416 с. : ил.
9. Крикун, В.Я. Строительные машины: Учеб. Пособие / В.Я. Крикун. – М. : Издательство АСВ, 2005. – 232 с. : ил.
10. Волков, Д.П. Строительные машины. Учебник / Д.П. Волков, В.Я. Крикун. – М. : Издательство АСВ, 2002. – 376 с. : ил.